



Constructieve Beoordelingen - Lineair Elastische Beoordelingen

Bijlage 1-02: Vraagspecificatie Eisendeel
Zaaknummer: 31163425

Datum	1 februari 2021
Status	Definitief
Versie	1.0

Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Datum	1 februari 2021
Status	Definitief
Versie	1.0
Opgesteld door	Baptiste Korff
Getoetst door	Marco Roosen
Vastgesteld door	Arjen van Maaren

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	4
1.1	ALGEMEEN	4
1.2	PROBLEEMSTELLING	4
1.3	DOELSTELLING VAN DE BEOORDELING.....	4
1.4	BESCHIKBARE INFORMATIE.....	5
2	BESCHIKBARE INFORMATIE SPOORVIADUCT UITGEEST.....	6
2.1	BESCHIKBARE AREAALGEGEVENS.....	6
2.2	ALGEMENE GEGEVENS	6
2.3	INSTANDHOUDINGSONDERZOEKEN.....	6
2.4	ONTWERPGEGEVENS	7
3	BESCHIKBARE INFORMATIE BRUG KLOOSTERDIJK.....	9
3.1	BESCHIKBARE AREAALGEGEVENS.....	9
3.2	ALGEMENE GEGEVENS	9
3.3	INSTANDHOUDINGSONDERZOEKEN.....	9
3.4	ONTWERPGEGEVENS	10
4	BESCHIKBARE INFORMATIE KRABBERSGAT (OPTIONEEL).....	11
4.1	BESCHIKBARE AREAALGEGEVENS.....	11
4.2	ALGEMENE GEGEVENS	11
4.3	INSTANDHOUDINGSONDERZOEKEN.....	12
4.4	ONTWERPGEGEVENS	12
5	WERKZAAMHEDEN	14
5.1	ALGEMEEN	14
5.2	UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN	14
5.3	NORMEN EN RICHTLIJNEN	15
5.4	BEOORDELINGSNIVEAU	15
5.5	BEOORDELINGSSITUATIE.....	15
5.6	PRESENTATIE EN LEVERING VAN RESULTATEN	16
5.7	WERKZAAMHEDEN T.A.V. DE BEOORDELING CONSTRUCTIEVE VEILIGHEID	16
5.8	SCOPELIJST PER OBJECT	17
5.9	CHECKLIST ACTIVITEITEN.....	17
	ANNEX I: RBK 1.2 (CONCEPTVERSIE)	19

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Deze vraagspecificatie beschrijft de werkzaamheden ten behoeve van het beoordelen van de constructieve veiligheid op basis van lineair elastisch gedrag. Het maakt onderdeel uit van de overeenkomst met zaaknummer 31163425 i.h.k.v. het project "Herberekenen T-Liggers". De beoordeling dient te worden uitgevoerd conform Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK) en overeenkomstig met deze vraagspecificatie.

1.2 Probleemstelling

Het veiligheidsniveau van het westelijk Spoorviaduct Uitgeest (19C-001-01), de brug Kloosterdijk (22D-105-01) en de vaste bruggen Krabbersgat (20A-001-03) zijn onbekend.

Het westelijke Spoorviaduct Uitgeest (19C-001-01) voldoet mogelijk niet aan de huidige normen ten aanzien van constructieve veiligheid. De aanleiding voor verdenkingen zijn uitgevoerde Quickscan berekeningen van T-liggers waarin overschrijdingen zijn gevonden. Nader archiefonderzoek heeft een berekening opgeleverd waarin staat dat de spanningen in de T-liggers ten gevolge van de toegepaste overlaging beperkt zouden blijven. Om het huidige veiligheidsniveau definitief te kunnen vaststellen is een nieuwe constructieve beoordeling vereist.

Voor de brug Kloosterdijk (22D-105-01) zijn vooralsnog geen verdenkingen ten aanzien van constructieve veiligheid. Het draagvermogen op basis van de huidige normveiligheid is onbekend. Daarnaast maakt de complexiteit van het ontwerp een inschatting van de risico's slechts zeer beperkt mogelijk. De specifieke detaillering maakt dat een nauwkeurige constructieve beoordeling gewenst is.

Voor de vaste bruggen over het sluiscomplex Krabbersgat (20A-001-03) in de Houtribdijk (nabij Enkhuizen) is het veiligheidsniveau mogelijk onvoldoende. De bruggen zijn waarschijnlijk ontworpen op een combinatie van klasse 45 en klasse 60 ontwerpbelastingen. Daarnaast ontbreken ontwerpgegevens van dit complex, waardoor een inschatting van de capaciteit slechts beperkt mogelijk is. Voorafgaand aan de beoordeling van dit complex dient onderzoek aan de constructie te worden verricht, zoals in de vraagspecificatie eisendeel bijlage 1-01 is toegelicht.

Nota Bene:

Een lineair elastische beoordeling van dit complex wordt optioneel uitgevraagd en afhankelijk van de uitkomst van het onderzoek aan de constructie opgedragen via de post onvoorzien. De bruggen binnen dit complex behoren niet tot de categorie T-Liggers.

1.3 Doelstelling van de beoordeling

De herberekeningen (beoordelingen) van de kunstwerken hebben als doel om aan te tonen of het wettelijke veiligheidsniveau op minimaal gebruiksniveau gehaald wordt.

De verificatieberekening voor het Spoorviaduct Uitgeest beperkt zich tot de bovenbouw. Voor Spoorviaduct Uitgeest zijn voor een reconstructie omstreeks 1986-1991 berekeningen uitgevoerd waaruit blijkt dat het kunstwerk voldoet. Uitgevoerde QuickScans (QS2013) tonen echter een overschrijding voor feitelijk gebruik. Het doel van de beoordeling is om door middel van een verificatieberekening te bepalen of het object aan het wettelijke veiligheidsniveau voldoet. Aanvullend is het van belang om het verschil te verklaren tussen de uitgevoerde QuickScan en overlagingberekening.

Voor brug Kloosterdijk zijn geen eerdere constructieve beoordelingen beschikbaar en dient naast de bovenbouw ook alle elementen tot de funderingsloof of landhoofden (alle onderdelen boven maaiveld) beoordeeld te worden.

Ook de verificatieberekening voor de vaste bruggen Krabbersgat omvat een beoordeling van de bovenbouw. Daarnaast is een constructieve beoordeling nodig van de onderbouw (kolommen en onderslagbalk). Voor de bruggen Krabbersgat zijn geen eerdere constructieve beoordelingen uitgevoerd.

De objectdelen dienen te voldoen aan de norm- en RBK-veiligheid voor een beoogde restlevensduur van 30 jaar. Toetsing dient plaats te vinden volgens RBK 1.1 en de conceptversie van de RBK 1.2 voor dwarskracht. Indien het gewenste veiligheidsniveau niet gehaald wordt, dienen handelingsperspectieven gepresenteerd en onderbouwd te worden.

1.4 Beschikbare informatie

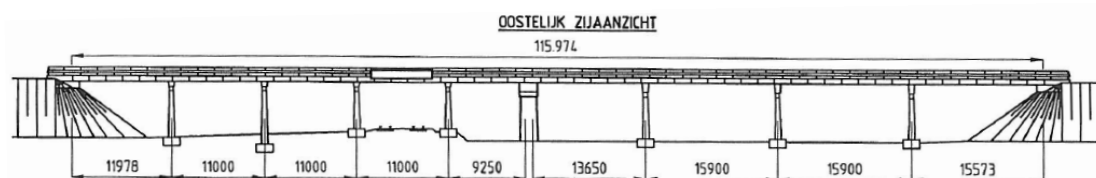
Ten behoeve van de te verrichten werkzaamheden geeft de opdrachtgever de opdrachtnemer de gelegenheid de bij opdrachtgever voor handen zijnde areaalgegevens te verkrijgen. Een set originele bouwtekeningen en een beperkt aantal berekeningen is beschikbaar voor de opdrachtnemer.

De opdrachtnemer is verantwoordelijk voor de interpretatie van alle aan hem beschikbaar gestelde informatie en dient deze informatie, voor zover nodig, voor de juiste en tijdige uitvoering conform deze vraagspecificatie zelf aan te vullen (zie hoofdstuk 2 en 3).

2 Beschikbare informatie Spoorviaduct Uitgeest

2.1 Beschikbare areaalgegevens

De beschikbare tekeningen en berekeningen voor het spoorviaduct zijn samengevoegd in een zip-bestand. Voor zover bekend zijn alle beschikbare tekeningen reeds gedigitaliseerd. Het bestand omvat het tekeningenarchief, inspecties en berekeningen. Daarnaast zijn ook tekeningen beschikbaar van de reconstructie in 1991-1992, waarbij een overlaging is toegepast en de viaducten onderling zijn gekoppeld.



Figuur 1 Schematische tekening van het Spoorviaduct Uitgeest

2.2 Algemene gegevens

De gegevens van het kunstwerk Uitgeest vanuit het DISK archief:

Naam kunstwerk:	Westelijk Spoorviaduct Uitgeest
Beheerobject	19C-001-01 (topcode 19A-101)
Stichtingsjaar	1956
Ontwerpende dienst	Directie Bruggen
Belastingklasse	A
Hoofddraagconstructie	Voorgespannen betonnen T-liggers
Aantal overspanningen	9
Oplegging	Rubber en staal
Asfaltdikte	Onbekend
Gebruiksrestricties	Niet aanwezig
Gewenste situatie beheerder	Geen functionele wijzigingen wenselijk

2.3 Instandhoudingsonderzoeken

In 2012 heeft de laatste instandhoudingsinspectie van het complex plaatsgevonden. Voor de verificatieberekeningen en beoordelingen worden deze rapportages voldoende geacht. Nader onderzoek aan de constructie wordt in dit stadium niet nodig geacht. Eventuele onduidelijkheden of onzekerheden kunnen kenbaar gemaakt worden en na overleg als uitgangspunt in de berekening worden opgenomen. De volgende documenten zijn beschikbaar vanuit de instandhoudingsonderzoeken:

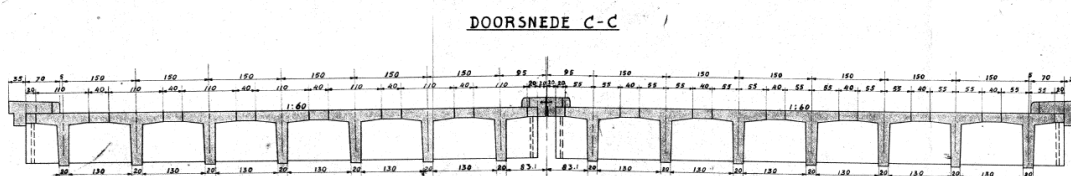
Type	Kenmerk	Jaar
Berekening	19C-101 Herberekeningen overlaging Uitgeest	1986
Materiaalonderzoek	RW1809-270_039-rapd-19C-101-03 - Uitgeest	2011
QuickScan	Spoorviaduct A9 Uitgeest v20 271113	2013
Inspectie	19C-001-01-Programmeringsinspectie-2	2012
Inspectie	PI2006_19C-001-01	2008
Inspectie	19C-001-02-Overig-1	1995

De opdrachtnemer zal het kunstwerk op basis van de inspectierapportages dienen te beoordelen of schade invloed heeft op de draagkracht en restlevensduur.

2.4

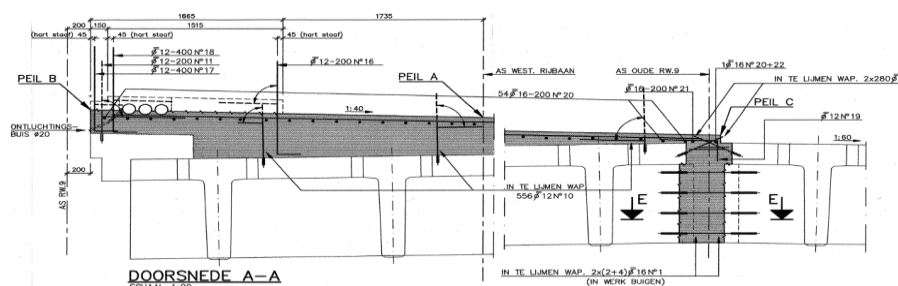
Ontwerpgegevens

Het ontwerp van het Spoorviaduct Uitgeest is in de basis een normaal T-ligger viaduct. Er is omstreeks 1991 een reconstructie van het viaduct gerealiseerd waardoor enkele details en belastingen zijn gewijzigd. De doorsnede van het viaduct vóór de reconstructie is gegeven in figuur 2.



Figuur 2 Doorsnede T-liggers Spoorviaduct Uitgeest

In figuur 3 is ter indicatie de doorsnede gegeven mét overlaging. Ontwerptekeningen en berekeningen voor de reconstructie zijn aangeleverd in een separate map met deze uitvraag.



Figuur 3 Reconstructie Spoorviaduct Uitgeest

In de onderstaande tabel zijn documenten gegeven die beschikbaar zijn voor de berekening. Deze lijst is gegeven ter indicatie. De volledige inhoudsopgave en documenten is gegeven in de aangeleverde map met ontwerpgegevens. Documenten die genoemd staan in de bijgevoegde inhoudsopgave, maar niet meegeleverd zijn, zijn mogelijk te achterhalen in het archief.

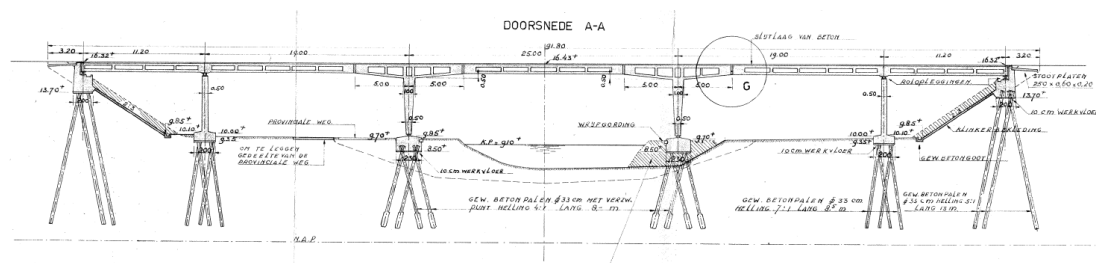
Kenmerk	Document
B 7548	Rijvloer en dwarsdragers zuidelijk gedeelte steunpunt 1 t/m 6
B 7513	Plattegrond voorgespannen balken steunpunt 1 - steunpunt 6
B 7511	Details voorgespannen balken steunpunt 1 t/m 6
B 7549	Rijvloer en dwarsdragers noordelijk gedeelte van steunpunt 6 - 10 blad 1
B 7636	Rijvloer en dwarsdragers noordelijk gedeelte van steunpunt 6 - 10 blad 2
B 7508	Overzicht voorgespannen liggers en platen ged. rijvloer tussen steunpunt 6 en 10
B 7509	Details voorgespannen liggers tussen steunpunten 6 t/m 10 blad 1
B 7510	Details voorgespannen liggers tussen steunpunten 6 t/m 10 blad 2
B 7431	Ligger- en voegverdeling middenoverspanning boven spoorbaan
B 7532	Trekaanwijzing van de draden in balk Z tussen de steunpunten 7, 8 en 9
B 7533	Trekaanwijzing van de draden in balk Y tussen de steunpunten 6-7 en 9-10
B 7534	Voorgespannen koppelplaten tussen de steunpunten 6 t/m 10
B 7506	Steunpunt 6 rijvloer met liggers
B 7575	Plaats der schroefhulzen in de kolommen van 0.40- tot 3.10+
B 7599	Steunpunt 6 plaats van schroefhulzen en sparingen in vloer op 3.10+
B 7611	Steunpunt 6 plaats van schroefhulzen in wanden boven 3.10+
B 7612	Steunpunt 6 plaats van schroefhulzen in de rijvloer en liggers

B 7525	Spaninrichting voor voorgespannen beton
B 7529	Stripopleggingen
B 7556	Hoekbeschermpjes
B 7590	Stalen trap

3 Beschikbare informatie Brug Kloosterdijk

3.1 Beschikbare areaalgegevens

Voor brug Kloosterdijk zijn alleen een set originele bouwtekeningen is beschikbaar voor de opdrachtnemer. In figuur 4 is een indicatie gegeven van het ontwerp van de brug. Er zijn geen (ontwerp)berekeningen van dit object beschikbaar. De beschikbare tekeningen zijn samengevoegd in een zip-bestand. Het bestand omvat naast het tekeningenarchief ook inspectierapporten.



Figuur 4 Doorsnede langsrichting brug Kloosterdijk

3.2 Algemene gegevens

De gegevens van het kunstwerk Uitgeest vanuit het DISK archief:

Naam kunstwerk:	Kloosterdijk
Beheerobject	22D-105-01
Stichtingsjaar	1955
Ontwerpende dienst	Directie Bruggen
Belastingklasse	A
Hoofddraagconstructie	voorgespannen betonnen I-liggers (valt onder T-ligger rapport)
Aantal overspanningen	5
Oplegging	staal
Asfaltdikte	onbekend
Gebruiksrestricties	niet aanwezig
Gewenste situatie beheerder	geen functionele wijzigingen wenselijk

3.3 Instandhoudingsonderzoeken

In 2016 heeft de laatste instandhoudingsinspectie van het complex plaatsgevonden. Nader onderzoek aan de constructie wordt in dit stadium niet nodig geacht. Eventuele onduidelijkheden of onzekerheden kunnen kenbaar gemaakt worden en na overleg als uitgangspunt in de berekening worden opgenomen.

De volgende documenten zijn beschikbaar vanuit de instandhoudingsonderzoeken:

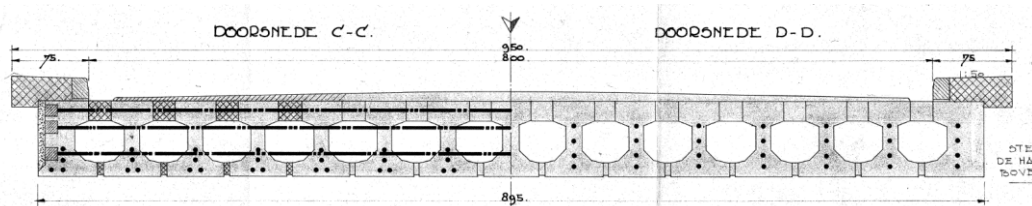
Type	Kenmerk	Jaar
Inspectie	22D-105-01-Programmeringsinspectie-3	2011
Inspectie	22D-105-01-Programmeringsinspectie-4	2016
Risicoanalyse	22D-105-01-Risicoanalyse-1	2016
Risicoanalyse	22D-105-01-Overig-4	2011
CRIAM	22D-105-01-Overig-5	2016

De opdrachtnemer zal het kunstwerk op basis van de inspectierapportages dienen te beoordelen of schade invloed heeft op de draagkracht en restlevensduur.

3.4

Ontwerpgegevens

Het ontwerp van brug Kloosterdijk is uniek en bevat veel specifieke details die om een nauwkeurige beoordeling vragen. De doorsnede van het brugdek is gegeven in figuur 5, maar laat de complexiteit slechts gedeeltelijk zien.



Figuur 5 Doorsnede brugdek I-liggers Kloosterdijk

In de onderstaande tabel zijn documenten gegeven die beschikbaar zijn voor de berekening. Deze lijst is gegeven ter indicatie. De volledige inhoudsopgave en documenten is gegeven in de aangeleverde map met ontwerpgegevens. Documenten die genoemd staan in de bijgevoegde inhoudsopgave, maar niet meegeleverd zijn, zijn mogelijk te achterhalen in het archief. In de overeenkomst (BR 1492) wordt het voorspanstelsysteem 12 Φ 7mm van Freyssinet voorgeschreven.

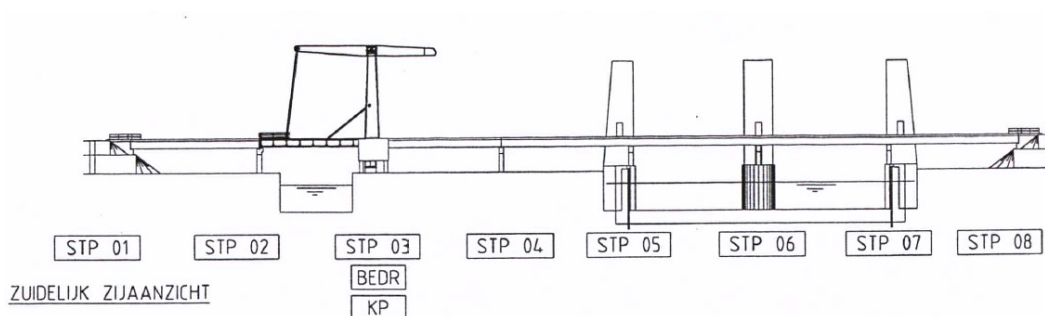
Kenmerk	Document
BR 1492	Overeenkomst
A 15069	Plan
C 7189	Bestektekening
C 7373	Palenplan
C 7415	Wapening landhoofden
C 7417	Wapening pijlers
C 7471	Middenpijler 2 stuks
C 7410	Voorgespannen kabels
C 7413	Liggers Blz. 1
C 7411	Liggers Blz. 2
C 7412	Eindstukken liggers
C 7425	Plaatsing ankers in eindstukken
C 7314	Koppelstukken in voorgespannen beton
C 8076	Spanningsmeting
C 7467	Trottoirband
C 7457	Wrijfgordingen geleidewerken
A 18366	Houtstaat
C 8141	Waterpassingen
C 7478	Plasticbuizen
A 17874	Beeindigingijzer
A 17916	Leuning en afvoerbuissjes
A 17729	Opleggingen
A 18141	Ladder met platform
B 26256	leuning t.b.v. geleiderail

4 Beschikbare informatie Krabbersgat (optioneel)

4.1 Beschikbare areaalgegevens

De beschikbare tekeningen van de vaste bruggen in het sluisencomplex Krabbersgat zijn samengevoegd in een zip-bestand. Het bestand omvat een archiefonderzoek, het tekeningenarchief en de relevante inspecties. Voor zover bekend zijn alle beschikbare tekeningen reeds gedigitaliseerd.

Voorafgaand aan de constructieve beoordeling dient onderzoek aan de constructie te worden gedaan. Inzicht in betondruksterkte en wapeningsgeometrie zijn benodigd voorafgaand aan de beoordeling. Het onderzoek aan de constructie is onderdeel van bijlage 1-01 van de vraagspecificatie eisen.



Figuur 6 Schematisch overzicht van de bruggen over de Krabbersgatsluizen

4.2 Algemene gegevens

Het object is omstreeks 1969 gebouwd, wijzigingen van het object gedurende de levensduur zijn niet bekend. Tijdens inspectie geen aanpassingen van de hoofddraagconstructie waargenomen. Een overzicht van eigenschappen is gegeven in de onderstaande tabel.

Naam kunstwerk:	Krabbegat
Beheerobject	20A-001-03
Stichtingsjaar	1969
Ontwerpende dienst	Dir. Zuiderzeewerken
Belastingklasse	Uit ontwerpgegevens: Onbekend DISK: VOSB 1963 klasse 45
Hoofddraagconstructie	Voorgespannen betonnen I-liggers
Aantal overspanningen	6
Oplegging	Rubber oplegblokken
Gebruiksrestricties	Niet aanwezig
Gewenste situatie beheerder	Geen functionele wijzigingen wenselijk

4.3 Instandhoudingsonderzoeken

In 2015 heeft de laatste instandhoudingsinspectie van het complex plaatsgevonden (zie UPN). Eventuele resterende onduidelijkheden of onzekerheden kunnen kenbaar gemaakt worden en na overleg als uitgangspunt in de berekening worden opgenomen. De volgende documenten zijn beschikbaar vanuit de instandhoudingsonderzoeken (DISK):

Type	Kenmerk	Jaar
Onderzoek	20A-001-03-Archiefonderzoek-10	2015
Onderzoek	UPN 20A-001-03 OD3+5	2015
Inspectie	20A-001-03-Programmeringsinspectie-10	2011
Risicoanalyse	20A-001-03-Overig-9	2010

Volgens de inspectierapportage is aan de onderzijde van het dek zijn geen scheuren waargenomen die duiden op het feit dat het dek zwaar belast wordt, of dat er sprake is van vermoeiingsbelasting. Bij de voegovergangen en opleggingen zijn ook geen schades en/of afwijkingen waargenomen die duiden op overmatige verplaatsingen / deformaties van de onder- en bovenbouw.

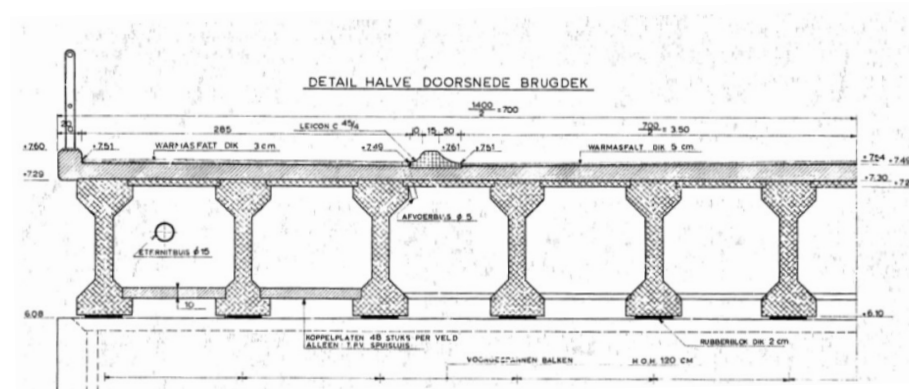
De opdrachtnemer zal het kunstwerk op basis van de inspectierapportages dienen te beoordelen of schade invloed heeft op de draagkracht en restlevensduur.

4.4 Ontwerpgegevens

Ter voorbereiding op deze uitvraag is een archiefstudie uitgevoerd. Er wordt aangenomen dat belangrijke ontwerpgegevens ten aanzien van de I-liggers niet meer te achterhalen zijn.

Kenmerk	Document
19690330	F 69-84 Wijziging grondwerk
19700377	F 70-05 Merkentekening Voorgespannen randbalken
19700378	F 70-06 Overzicht en details
19700380	F 70-08 Maten Brugpijler
17900383	F 70-11 Maten en wapening brugpijler
19700391	F 70-49 Wapening druklaag en dwarsdrager
19700439	F 70-67 Overzicht en voegen
19700545	F 70-180 Maten brug
Scan INP	Informatie INP Liggers Spanbeton
Scan tek.	Diverse informatie Zuiderzeewerken; bekistingsplaten, prefab koppelplaten, randbalken, etc.

De dwarsdoorsnede van het brugdek is weergegeven in figuur 7. Wapeningstekeningen en nadere informatie over de INP120/40 liggers ontbreekt.



Figuur 7 Doorsnede brugdek

Voor dit object is volgens ontwerptekeningen gebruik gemaakt van voorgespannen liggers van het type INP 120/40. Voorgesteld wordt om door middel van wapeningsscans (onderzoek aan de constructie) het verloop van de voorspanwapening te bepalen en eventueel op basis van gelijkenissen de capaciteit van de liggers te bepalen. Mogelijk kan de momentcapaciteit uit de onderstaande tabel, zoals voorgesteld in Cement XIX (1967) worden gebruikt ter verificatie van wapeningsscans en berekeningsresultaten.

profiel	eigen gew. kg/m'	toelaatbare momenten (kgfm)	
		K500	K600
INP 50/20	168	10450	11 940
INP 55/24	211	15236	17410
INP 60/24	224	17670	20190
INP 65/28	275	24420	27910
INP 70/28	288	27640	31590
INP 75/32	358	37600	42970
INP 80/32	371	41850	47830
INP 90/36	486	60650	69310
INP 100/36	516	72240	82560
INP 110/40	680	99710	114000
INP 120/40	720	115500	132000
RNP 25/10	69	1732	1979
RNP 30/12	99	2993	3420
RNP 35/14	135	4753	5431
RNP 40/16	176	7096	8109
RNP 45/18	223	10102	11 545
TNP 60/30	242	12400	14500
TNP 70/35	302	17400	20400
TNP 80/40	437	30400	35600
TNP 90/45	517	39500	46100

Figuur 8. Overzicht normalisatie voorgespannen betonbalken (Cement XIX 1967)

Deze gegevens dienen kritisch te worden behandeld aangezien het stichtingsjaar van dit object gelijk is aan de datum van het artikel. Verificaties middels wapeningsscans wordt zodoende minimaal noodzakelijk geacht. De onderstaande grafiek van Spanbeton geeft het verband tussen overspanning en toelaatbare belasting. De grafiek is onder andere gebaseerd op de V.O.S.B. 1963 en de G.B.V. 1962. Voor een overspanning van 21,30 meter lijkt een INP 120/40 ruim voldoende voor verkeersklasse 60. Dit is echter onvoldoende om als uitgangspunt voor een herberekening te gebruiken.



Figuur 9 Grafiek draagvermogen INP brug Spanbeton

Alle uitgangspunten voor de beoordeling van liggers zullen in overleg worden vastgesteld. Dit houdt in dat opdrachtnemer en Rijkswaterstaat ten minste één moment inplannen om gezamenlijk met Rijkswaterstaat GPO de uitgangspunten vast te stellen.

5 Werkzaamheden

5.1 Algemeen

Voor de objecten in deze vraagspecificatie geldt dat er reeds enige verdenkingen of complexiteit is aangetroffen ten aanzien van het vaststellen van het veiligheidsniveau. Hierdoor geldt dat het noodzakelijk is om scherper te rekenen dan gebruikelijk is. Dit heeft mogelijk invloed op de modelkeuze en verfijningen binnen het rekenmodel. De scope van deze objecten beperkt zich echter wel tot een lineaire-elastische (EEM) berekening.

Nota Bene: werkzaamheden m.b.t. het complex Krabbersgat zijn optioneel, zie artikel 1.2.

5.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden

De opdrachtnemer dient alle beoordelingen uit te voeren in overeenstemming met de Richtlijnen Beoordelen Kunstwerken (RBK) versie 1.1. Daarnaast dient er op dwarskracht een aanvullende beschouwing te worden gedaan op basis van de RBK 1.2 conceptversie.

De RBK geeft onder paragraaf 1.11. de volgende onderdelen voor een volledige beoordeling:

- A. Nota van uitgangspunten en randvoorwaarden.
- B. Archiefonderzoek.
- C. Constructieve inspectie.
- D. Onderzoek aan de constructie.
- E. Verificatieberekening.
- F. Beoordeling.
- G. Beheersmaatregelen.

De onderdelen A t/m D zijn deels uitgevoerd en ter informatie verstrekt bij de uitvraag en hoeven niet grondig te worden doorlopen. Voor de start van de verificatieberekening dient een specifieke nota van uitgangspunten en randvoorwaarden opgesteld te worden met betrekking op het uitvoeren van de werkzaamheden. De focus van de constructieve beoordeling ligt hierbij op onderdeel E t/m G. De nota van uitgangspunten dient hiervoor voor de start van de verificatieberekening gezamenlijk te worden vastgesteld.

De uitgangspuntennota voor de verificatieberekening bevat minimaal de volgende onderdelen:

- materiaalgegevens;
- aannamen m.b.t. huidige en toekomstige asfaltdiktes;
- opgave van de belastingen en belastingcombinaties;
- omschrijving van de schematisering en modellering van de constructie;
- opgave van toe te passen computerprogramma's;
- variabele input parameters i.v.m. onzekerheden;
- verfijningen waar (al dan niet) mee gerekend gaat worden;
- andere relevante aspecten;

Enkele bijzonderheden voor het Spoorviaduct Uitgeest:

De beugels van het Spoorviaduct Uitgeest zijn gelast waardoor er mogelijk niet op een beugelbijdrage kan worden gerekend. Mogelijke beugelbijdrage dient in overleg te worden bepaald.

Voor objecten/doorsneden waarbij de beugelbijdrage theoretisch niet in rekening mag worden gebracht, maar waar beugels wel fysiek aanwezig zijn dient een beschouwing uitgevoerd te worden met en zonder beugelbijdrage.

5.3 Normen en richtlijnen

De opdrachtnemer wordt geacht bekend te zijn met wetten, reglementen, normen, praktijkrichtlijnen, aanbevelingen, beoordelingsrichtlijnen of andere publicaties die niet zijn opgenomen in deze vraagspecificatie, maar van belang zijn of van toepassing zijn bij de door hem uit te voeren diensten en de door hem te leveren producten.

Ten behoeve van de herberekening zijn de onderstaande normen en richtlijnen van toepassing:

- De Richtlijnen Beoordelen Kunstwerken (RBK) versie 1.1, inclusief NEN 8700, NEN 8701
- De Richtlijnen Beoordelen Kunstwerken (RBK) conceptversie 1.2 voor de paragraaf dwarskracht

Genoemde richtlijnen en de daarin opgenomen doorverwijzingen naar andere normen en richtlijnen zijn onverkort van kracht. In deze vraagspecificatie worden sommige normen specifiek genoemd en/of nader in- of aangevuld waarbij deze nadere in- of aanvullingen gelden als specifieke eis of informatie.

De richtlijnen RBK kan worden gedownload van:

<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/index.aspx>

In het geval van verschillen tussen de RBK en NEN 8700/8701 dient de meest conservatieve aangehouden te worden. In het geval van conflicterende informatie waarbij deze keuze niet eenduidig te maken valt dient in afstemming met de opdrachtgever een keuze gemaakt te worden en dient dit vastgelegd te worden in de Nota van Uitgangspunten voorafgaand aan het gebruik ervan.

5.4 Beoordelingsniveau

Voor het beoordelingsniveau wordt volgens de RBK onderscheid gemaakt tussen Nieuwbouw, Verbouw, Gebruik, of Afkeur. Er worden momenteel geen constructieve en functionele wijzigingen voorzien. Het is wenselijk om een minimaal niveau voor Gebruik te toetsen in combinatie met een referentieperiode van 30 jaar.

Indien blijkt dat de constructie (ruimschoots) voldoet aan gebruiksniveau, zal in fase 2 een beschouwing op een hoger veiligheidsniveau wenselijk zijn om het maximale veiligheidsniveau aan te tonen. Indien blijkt dat de constructie niet zal voldoen aan gebruiksniveau, dient een beoordeling op afkeurniveau én verbouwniveau gepresenteerd te worden. Verbouwniveau kan hierbij nuttig zijn indien de constructie (lokaal) versterkt of verbouwd wordt. Een vroegtijdige belastinginvoer op afkeur- gebruik- en verbouwniveau is aan te raden om resultaten te kunnen beoordelen.

5.5 Beoordelingssituatie

Bij de beoordeling wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende situaties, aangeduid met AI, AII en AIII. Situatie AI Toekomstvast dient eerst te worden beschouwd en achtereenvolgens situatie AII Werkelijk Gebruik en AIII Directe afkeur. Er dient getoetst te worden op situatie V1 en V2. Er hoeft geen afwijkende situatie V3 beschouwd te worden.

Er is vanuit beheer geen wens voor functionele aanpassingen van de wegindeling. Indien op AII Werkelijk gebruik wordt beoordeeld, is het wenselijk om de maximale mogelijke dikte voor het asfalt vast te stellen.

5.6 Presentatie en levering van resultaten

Naast de beschreven producten in paragraaf 5.8 en bijlage B5 van de RBK vereiste gelden voor de presentatie van de resultaten van de herberekening de volgende eisen:

- Voor maatgevende belastinggevallen (eigen gewicht, permanente belasting, variabele belasting) dient de krachtsverdeling in de gehele constructie in de BGT-situatie inzichtelijk te worden weergegeven. Dit om een goede indruk te geven van de krachtwerving in de constructie;
- Gestandaardiseerde toetsingen (Excel, Mathcad, etc.) dienen voorzien te zijn van toelichtende teksten en onderbouwende verwijzingen naar normartikelen. Een handmatig uitgewerkte toetsing dient ter verificatie te worden bijgevoegd;
- De resultaten dienen in het hoofdrapport van de verificatieberekening beknopt te worden aangegeven met een grafisch weergave van de schematisering en belastingen alsmede met een opgave van de krachten als gevolg van de maatgevende belastinggevallen en combinaties (alleen omhullenden volstaan niet). De complete berekeningen dienen als bijlage bij de verificatieberekening te worden toegevoegd.

Bij de aanlevering van het rapport aan Rijkswaterstaat dient tevens een verslag van de interne controle van de ON van de verificatieberekening te worden ingediend (een beknopt overzicht van de door controleurs gemaakte opmerkingen en aanpassingen die naar aanleiding daarvan zijn verricht).

De gebruikte definitieve (EEM) rekenmodellen en rekenbladen dienen ook in origineel bestandformaat aan Rijkswaterstaat te worden verstrekt. Indien het bezwaarlijk is om enkele rekenbladen niet te delen dient dit in de aanbieding kenbaar te worden gemaakt.

In overleg kan besloten worden om de gegeven structuur van onder 3.8 te wijzigen voor de beoordeling. Er kan bijvoorbeeld besloten worden om delen (e.g. berekeningen, modellering, validatie en verificatie) te verplaatsen naar een bijlage van het berekeningsrapport. Indien afwijking op de RBK structuur wenselijk is, zal dit in een uitgangspuntennota voorafgaand aan de verificatieberekening vastgesteld dienen te worden.

5.7 Werkzaamheden t.a.v. de beoordeling constructieve veiligheid

Voor het uitvoeren van de beoordeling wordt in verschillende stappen gewerkt. In de eerste fase wordt de algemene beoordeling en analyse verricht. Na het opleveren van het eerste rapport zal besproken worden welke verfijningen nodig zijn. Voor fase 2 is er sprake van een verfijning van het model en eventueel aanvullende berekeningen. In de tweede fase wordt een rapportage opgesteld waarin tevens de resultaten uit fase 1 zijn verwerkt.

Fase 1

De rapportage bestaat uit minimaal de volgende onderdelen:

- Maatgevende randvoorwaarden voor de verificatieberekening;
- Voorlopige verificatieberekening op basis van de RBK 1.1 onderdeel E met globale Unity Checks, voor het bepalen van verfijningen en hoogst haalbare veiligheidsniveau (AI/AII/AIII). Voor fase 1 alleen een beoordeling met BM1 en BM2 volgens NEN-EN 1992-2, zonder degradatie van de constructie.

De resultaten uit fase 1 dienen te worden toegelicht tijdens een technisch overleg. Op basis van bevindingen worden concrete afspraken gemaakt over de invulling van fase 2. Voor de verificatieberekening zal de focus gelegd worden op kritische onderdelen.

Fase 2

De rapportage bestaat uit een nader vast te stellen combinatie van de volgende onderdelen:

- Volledige verificatieberekening (onderdeel E) volgens de RBK 1.1
- Verfijnde berekening met BM1 en BM2 van de constructie;
- Beoordeling van de dwarskrachtscapaciteit en locatie van laststelsels op basis van de RBK 1.2 conceptversie (annex I);
- Vermoeiingsberekening zonder specifieke gegevens (N_{obs} niet beschikbaar).

Voor fase 2 wordt een vermoeiingsberekening op basis van voertuigmetingen (N_{obs}) wordt niet nodig geacht. Randvoorwaarden en uitgangspunten zullen tijdens intake/afstem-overleggen worden vastgesteld.

Indien het veiligheidsniveau onvoldoende wordt geacht dient overzichtelijk gemaakt te worden welke onderdelen versterkt moeten, en welke onderdelen reeds voldoen. De versterkingsmaatregelen dienen uitgewerkt te worden tot het detailniveau van een schetsontwerp (schematisch aangeven op welke locaties versterking noodzakelijk is en op welke manier), met een benadering van de verwachte invloed op de constructie. Indien versterken technisch en/of economisch onhaalbaar wordt geacht zal dit moeten worden onderbouwd.

5.8 Scopelijst per object

De onderdelen voor de constructieve beoordelingen zijn in de onderstaande tabel gegeven. In geval de opdrachtnemer verdenkingen heeft ten aanzien van onderdelen waar momenteel geen beoordeling nodig wordt bevonden dient dit kenbaar te worden gemaakt tijdens de inlichtingenfase. Indien in een later stadium nieuwe verdenkingen gevonden worden zal dit kenbaar gemaakt moeten worden.

Verificatieberekening Lineair Elastisch	Fundering	Steunpunten	Liggers	Druklaag/ tussentort/ overlaging
Spoorviaduct Uitgeest	Nee	Nee	Ja	Ja
Brug Kloosterdijk	Nee	Ja	Ja	Ja
Bruggen Krabbersgat (optioneel)	Nee	Ja	Ja	Ja

5.9 Checklist activiteiten

Ten behoeve van het opstellen van een aanbieding is hieronder een indicatieve checklist gegeven voor de activiteiten die minimaal moeten worden uitgevoerd onder deze opdracht. Deze lijst is niet compleet en uitsluitend bedoeld als service bij het lezen en interpreteren van deze vraagspecificatie. De integrale vraagspecificatie blijft te allen tijde leidend.

De juistheid en volledigheid van de voor de verificatieberekening benodigde gegevens dient aantoonbaar te worden gecontroleerd door een tweede deskundige.

Activiteiten	Check
Beoordeling constructieve veiligheid fase 1	
Fase 1 Start overleg	
Fase 1: Opstellen en bespreken uitgangspuntennota	
Fase 1: Uitvoeren en rapporteren herberekening (BM1 en BM2)	
Fase 1: Technisch overleg resultaten	
Fase 1: Verwerking van opmerkingen op conceptversie	
Afstemoverleg invulling fase 2	
Fase 2: Start overleg	
Fase 2: Uitvoeren verdiepende berekeningen, waarvan verfijning en focuspunten afhankelijk van uitkomsten fase 1	

Fase 2: Opstellen berekeningsrapport en eventuele uitvoeringsmaatregelen	
Fase 2: Technisch overleg resultaten	
Fase 2: Verwerking van opmerkingen op conceptversie rapport	

Annex I: RBK 1.2 (conceptversie)

De onderstaande tekst dient alleen door de Opdrachtnemer ten behoeve van project Bruggen in de Oosterscheldekering te worden gebruikt en mag niet worden gekopieerd, verspreid en verstrekt aan derden.

6.2	Eis
-----	-----

Vervang, voor de verificatie op dwarskracht, de tekst van 6.2.1 en 6.2.2 van NEN-EN1992-1-1 door de volgende tekst:

6.2.1 Algemene verificatieprocedure

(1)P Voor de verificatie van de dwarskrachtweerstand van een bestaand element moeten de in deze RBK gegeven bepalingsmethoden worden toegepast.

OPMERKING Bij verbouw (ontwerp van een versterking of andere wijziging aan een kunstwerk) wordt uitgegaan van de rekenregels voor nieuwbouw.

(2)P Indien met de in 6.2.2.2 gegeven rekenregels niet wordt voldaan en er dwarskrachtwapening aanwezig is moet de dwarskrachtweerstand van een element ook geverifieerd worden volgens 6.2.3 van NEN-EN 1992-1-1.

OPMERKING Bij constructies met dwarskrachtwapening kan verificatie volgens 6.2.3 van NEN-EN1992-1-1 door een toegestane flauwere scheurhelling een grotere rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand opleveren.

(3)P Voor de verificatie van de dwarskrachtweerstand zijn de volgende symbolen gedefinieerd:

V_{Rd}	is de rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand;
$V_{Rd,cb}$	is de rekenwaarde van de dwarskracht die kan zijn opgenomen door het beton bij toetsing volgens het bezwijkmechanisme afschuifbuigbreuk;
$V_{Rd,ct}$	is de rekenwaarde van de dwarskracht die kan zijn opgenomen door het beton bij toetsing volgens het bezwijkmechanisme afschuiftrekbreuk;
$V_{Rd,s}$	is de rekenwaarde van de dwarskracht die kan zijn opgenomen door de in het verificatievlak aanwezige dwarskrachtwapening bij het bereiken van de vloeigrens (betonstaal) of een fictieve vloeigrens (voorspanstaal);
V_p	is de rekenwaarde van de bijdrage van de verticale voorspanning aan de dwarskrachtweerstand, gebaseerd op $P_{m,t}(x)$;
$V_{Rd,max}$	is de rekenwaarde van de maximale dwarskracht die kan zijn opgenomen door het element, begrensd door het bezwijken van de drukdiagonalen;
V_{Ed}	is de rekenwaarde van de optredende dwarskracht ten gevolge van uitwendige belasting en voorspanning (met of zonder aanhechting);

TOELICHTING: Verticale voorspanning wordt bijvoorbeeld in kokerbruggen toegepast, deze voorspanning heeft geen effect op het globale gedrag maar alleen op het lokale gedrag/sterkte. Bij de verificatie van de dwarskracht wordt voor het aandeel van verticale voorspanning de gemiddelde voorspankracht $P_{m,t}(x)$ als weerstand in rekening gebracht. Het verschil tussen de rekenwaarde van de staalspanning f_{pd} en $P_{m,t}(x)/A_{pw}$ wordt volgens 6.2.3 (3) en 6.2.3 (4) van NEN-EN 1992-1-1 als dwarskrachtwapening in rekening gebracht.

Voor de verificatie van de dwarskrachtweerstand worden de volgende (aanvullende) termen en definities gebruikt:

Verificatievlak	vlak in een element waarin de dwarskrachtweerstand en de optredende dwarskracht worden bepaald en geverifieerd;
ATB	afschuiftrekbreuk, het bezwijkmechanisme waarbij bezwijken op dwarskracht in het ongescheurde gebied wordt ingeleid door het overschrijden van de betontreksterkte door de hoofdtrekspanning.

ABB afschuifbuigbreuk, het bezwijkmechanisme waarbij bezwijken op dwarskracht wordt ingeleid door buigscheuren waaruit een schuine afschuifscheur zich ontwikkelt tot in de drukzone.

Dwarskrachtwapening moet voldoen aan de detailleringseisen volgens 9.2.2 van NEN-EN 1992-2 + NB inclusief de aanvullingen hierop in deze RBK.

Indien er dwarskrachtwapening aanwezig is welke niet voldoet aan de detailleringseisen volgens 9.2.2 van NEN-EN 1992-2 + NB inclusief de aanvulling hierop moet dit worden vastgelegd en ter beoordeling worden voorgelegd aan Rijkswaterstaat, afdeling Bruggen en Viaducten van GPO.

OPMERKING 1: In de RBK-aanvullingen op 9.2.2 is aangegeven onder welke voorwaarden dwarskrachtwapening met onvoldoende verankering in rekening mag worden gebracht.

OPMERKING 2: Een specialist van de afdeling Bruggen en Viaducten zal beoordelen of draagkracht toegekend kan worden aan dwarskrachtwapening die niet voldoet aan de detailleringseisen.

(3) Op geen enkele plaats in het element mag de optredende dwarskracht V_{Ed} groter zijn dan de dwarskrachtweerstand V_{Rd} .

(4) De rekenwaarden van de dwarskracht V_{Ed} behoort op geen enkele plaats in het element de toelaatbare maximumwaarde $V_{Rd,max}$ (volgens 6.2.3 (3) van NEN-EN 1992-1-1) te overschrijden.

(5) Indien een belasting dichtbij de onderzijde van een doorsnede aangrijpt, behoort, in aanvulling op de vereiste dwarskrachtwapening, voldoende ophangwapening te zijn aangebracht om de belasting naar de bovenzijde van de doorsnede te kunnen overdragen.

TOELICHTING: Deze situatie doet zich bijvoorbeeld voor in dwarsdragers van kokerbruggen wanneer de aansluitende wanden de belasting door dwarskracht niet direct kunnen afdragen naar de opleggingen.

(6) Geconcentreerde (wiel)lasten mogen door asfalt of andere lagen gespreid worden tot de bovenzijde van de betonnen rijvloer.

OPMERKING: Voor de spreiding van de belasting uit de tandemstelsels tot aan de bovenzijde van de rijvloer mag bij grond/funderingslagen 60° met de horizontaal en voor spreiding door wegverharding 45° met de horizontaal worden aangehouden.

(7) De tandemstelsels TS zoals gedefinieerd in NEN-EN 1991-2 moeten voor elk verificatievlak zo ongunstig mogelijk worden geplaatst.

OPMERKING: Bij toepassing van lasttreinen in computerprogramma's moet de stapgrootte voldoende klein (max. 0,5d) genomen worden om de ongunstigste positie te vinden.

6.2.2 Verificatieregels

6.2.2.1 Afschuifbuigbreuk

(1) Voor de verificatie moet worden uitgegaan van verificatievlakken welke worden gevormd door een verticaal vlak vanaf de meest getrokken rand tot de eerste laag betonstaal of voorspanning vervolgd door een schuin vlak volgens de aangenomen richting van de drukdiagonaal tot de resultante van de betonspanning in de drukzone vervolgd door een verticaal vlak tot de meest gedrukte rand (zie figuur 6.1 RBK).

(2) De bepalingmethode in deze RBK is geschreven voor horizontaal gelegen elementen met constante doorsnede. Bij verlopende hoogte of niet horizontaal liggende elementen dient het effect hiervan in de verificatie te worden meegenomen.

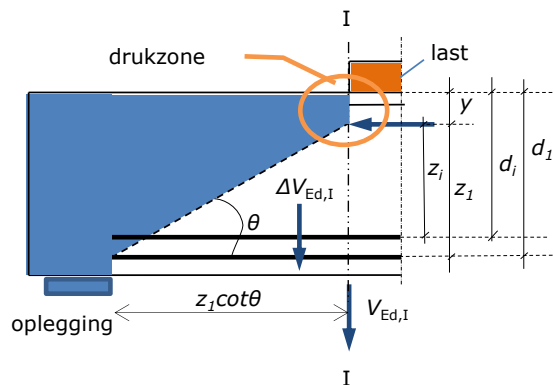
Het eerste verificatievlak voor verificatie van de dwarskrachtweerstand volgens afschuifbuigbreuk is gelegen aan de dag van de oplegging of de dag van een dwarsbalk.

De rekenwaarde van de optredende dwarskracht is gegeven door:

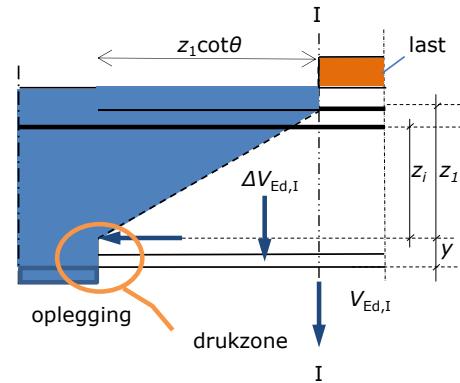
$$V_{Ed} = V_{Ed,I} + \Delta V_{Ed,I} \quad (6.1 \text{ RBK})$$

waarin:

$V_{Ed,I}$ de rekenwaarde van de optredende dwarskracht in snede I is;
 $\Delta V_{Ed,I}$ de rekenwaarde van de verticale belasting, die onder het verificatievlak (over $z_1 \cot \theta$) aangrijpt zoals het eigen gewicht en de krommingsdruk van de voorspanning;



a) Druk aan bovenzijde



b) Druk aan onderzijde

Figuur 6.1 RBK – Verificatievlak bij afschuifbuigbreuk

In figuur 6.1 RBK zijn voorbeelden gegeven van de verificatievlakken bij druk aan de bovenzijde en druk aan de onderzijde, waarbij de volgende notaties zijn aangehouden:

y afstand van de meest gedrukte rand tot de resultante van de betondrukkracht;
 z_1 de hefboomsarm tussen de resultante van de betondrukkracht en de eerste laag wapening vanaf de meest getrokken rand;
 z_i de hefboomsarm tussen de resultante van de betondrukkracht en de wapening i ;
 Voor de verticale ligging van de wapening moet worden uitgegaan van de effectieve hoogte ter plaatse van de doorsnijding van het verificatievlak.
 d_1 de effectieve hoogte van de eerste laag wapening in het verificatievlak aan de meest getrokken rand;
 d_i de effectieve hoogte van de wapening i ;
 $z_1 \cot \theta$ de afstand waarover de beugels mogen worden meegerekend voor de bepaling van $V_{Rd,s}$.

Voor z_1 mag $z_1 = d_1 - 0,1 \cdot d_e$ worden aangenomen, waarbij d_e wordt bepaald volgens (11).

Indien daartoe aanleiding is moet z_1 worden berekend op basis van een evenwichtsbeschouwing zoals gegeven in (6). Deze berekening moet in ieder geval voor de hoogste u.c. worden gemaakt.

TOELICHTING: Als $z_1 \cot \theta$ kleiner wordt zal het aandeel van de aanwezige beugels in V_{Rd} afnemen en V_{Ed} toenemen. De vereenvoudigde bepaling op basis van $z_1 = d_1 - 0,1 \cdot d_e$ geeft dan een overschatting van de capaciteit.

De grootte van de afstand y moet worden bepaald op basis van een evenwichtsbeschouwing in het verificatievlak met M_{Ed} en N_{Ed} waarbij moet worden aangenomen dat het beton geen trek kan opnemen. Voor M_{Ed} moet de rekenwaarde van

het maximale moment over $z_1 \cot \theta$, bepaald bij dezelfde belastingposities als voor V_{Ed} , worden aangehouden. Voor N_{Ed} moet de som van de rekenwaarde van de horizontale krachten in het verificatievlak worden aangehouden.

De langswapening die het verificatievlak doorsnijdt moet in staat zijn de bij (6) in de evenwichtsbeschouwing bepaalde trekkracht op te kunnen nemen.

TOELICHTING: Dat betekent dat voorbij het verificatievlak voldoende wapening aanwezig moet zijn welke ook voldoende verankerd moet zijn.

Voor de bepaling van V_{Rd} moet de hoek θ van het verificatievlak gelijk worden genomen aan de helling van de drukdiagonaal waarbij geldt:

$$\begin{aligned} \theta &= 45^\circ && \text{voor elementen met } \sigma_{cp} = 0 \text{ MPa;} \\ \theta &= 30^\circ && \text{voor elementen met } \sigma_{cp} \geq 5 \text{ MPa;} \end{aligned}$$

waarin:

$$\sigma_{cp} \quad \text{volgens vergelijking 6.3. a/b RBK bepaald op een afstand } > l_{disp} \text{ (zoals gegeven in 8.10.2.2 (4) RBK)}$$

Voor waarden van σ_{cp} tussen 0 en 5 MPa moet lineair worden geïnterpoleerd ter bepaling van θ .

TOELICHTING: Voor een element van een constructie hoeft slechts eenmaal een waarde van σ_{cp} bepaald te worden om te bepalen welke hoek θ voor het verificatievlak aangehouden moet worden. Deze bepaling mag geschieden op basis van de aanwezige betonspanning na volledige spreiding over de betondoorsnede.

Bij aanwezigheid van (nagenoeg) verticale voorspanning moet het effect hiervan op de hoek θ van het verificatievlak worden meegenomen. Als uitgangspunt hierbij mag worden aangenomen dat het verificatievlak de richting van de hoofdspanning volgt.

Het maatgevende verificatievlak moet worden gezocht en geverifieerd. Het maatgevende verificatievlak is het verificatievlak waarbij de u_c -waarde het grootst is, u_c -waarde = V_{Ed}/V_{Rd} .

Wanneer in het maatgevende verificatievlak $u_c \leq 1,0$ mag worden aangenomen dat de dwarskracht weerstand van het element voldoende is.

Wanneer in het maatgevend verificatievlak de $u_c > 1,0$ moet de grootte van de gebieden in het element met $u_c > 1,0$ worden bepaald.

De rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand V_{Rd} is gegeven door:

$$V_{Rd} = V_{Rd,cb} + V_{Rd,s} + V_p \quad (6.2 \text{ RBK})$$

Voor voorgespannen constructies geldt dat $V_{Rd,s}$ alleen meegerekend mag worden indien voldaan wordt aan de in art. 9.2.2 van NEN-EN 1992-1-1 gegeven eisen voor minimale dwarskrachtwapening.

De rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand $V_{Rd,cb}$ is gegeven door:

$$V_{Rd,cb} = [0,12 k_{cap} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cp}] b_{wgem} d_e \quad (6.3.a \text{ RBK})$$

met een minimum van

$$V_{Rd,cb} = [v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}] b_{wgem} d_e \quad (6.3.b \text{ RBK})$$

waarin:

$$f_{ck} \quad \text{is in MPa;}$$

k_{cap}	= 1,2 voor monoliete massieve delen van platen met lijnvormige ondersteuning. Een plaat is lijnvormig ondersteund als aan de volgende twee voorwaarden is voldaan: - de afstand tussen de opleggingen is niet groter dan $5d$ (d kan hierbij betrekking hebben op de plaatdikte of op de dikte van de dwarsdrager); - de langswapening aan de onderzijde van de plaat is gepositioneerd boven de langswapening in de dwarsdrager of boven de dwarswapening in de plaat.
k_{cap}	= 1,0 bij overige constructies inclusief volstortliggers;
k	$= 1 + \sqrt{\frac{200}{d_e}} \leq 2,0$ met d_e in mm;
d_e	is de effectieve hoogte in de projectie van het verificatievlak $= \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 A_i}{\sum_{i=1}^n d_i A_i}$ waarin: A_i is A_{si} en/of A_{pi}
ρ_l	$= \frac{\sum_{i=1}^n A_{\text{si}} + \sum_{i=1}^m A_{\text{pi}}}{b_{\text{wgem}} d_e} \leq 0,03;$ voor de bepaling van d_e en ρ_l mag alleen de wapening in de trekzone worden meegerekend;
A_{si}	is het oppervlak van het betonstaal in de trekzone, gelegen binnen de meewerkende breedte b_{eff} conform 5.3.2.1 van NEN-EN 1992-2, die het verificatievlak doorsnijdt en voldoende verankerd is vanaf het verificatievlak. Bij onvoldoende verankering moet A_{si} worden gereduceerd naar verhouding van de werkelijk aanwezige verankeringslengte en de verankeringslengte volgens vergelijking (8.4) van NEN-EN 1992-1-1; OPMERKING: Indien in het verificatievlak trekwapening onvoldoende verankerd is, is dit ook van invloed op de momentcapaciteit.
A_{pi}	is het oppervlak van de hechtende voorspanning in de trekzone, gelegen binnen de meewerkende breedte b_{eff} conform 5.3.2.1 van NEN-EN 1992-2, die het verificatievlak doorsnijdt en voldoende verankerd is vanaf het verificatievlak. Bij onvoldoende verankering moet A_{pi} worden gereduceerd op basis van de werkelijk aanwezige verankeringslengte en het spanningsverloop in het verankeringsgebied volgens 8.10.2.3 van NEN-EN 1992-1-1;
b_{wgem}	is de gemiddelde breedte in mm en is gegeven door: $= \frac{A_{\text{b,pro}}}{d_e} \leq 1,25 b_{\text{min}};$
$A_{\text{b,pro}}$	is het netto betonoppervlak in mm^2 over de effectieve hoogte d_e bij projectie van het verificatievlak op het verticale vlak. Bij een verlopende breedte mag de toename van de breedte, die in rekening wordt gebracht, niet meer bedragen dan de toename onder 45° (zie ook figuur 6.2 RBK). Bij de bepaling van $A_{\text{b,pro}}$ moeten sparingen in mindering worden gebracht, waarbij voorspankanalen ook als sparing worden beschouwd. Voor geïnjekteerde voorspankanalen behoeft slechts het halve oppervlak in mindering te worden gebracht.
b_{min}	is de kleinste breedte in mm over de effectieve hoogte d_e waarbij geen rekening gehouden hoeft te worden met eventueel aanwezige voorspankanalen (zie ook figuur 6.2 RBK);
σ_{cp}	$= N_{\text{Ed}}/A_c < 0,4 f_{\text{cd}}$ (MPa)
A_c	bruto verticaal geprojecteerde betonoppervlak over de volledige hoogte [mm^2]
N_{Ed}	is de normaalkracht in het verificatievlak ten gevolge van belasting of voorspanning in Newton (N) ($N_{\text{Ed}} > 0$ voor druk). De invloed van opgelegde vervormingen op N_{Ed} mag zijn verwaarloosd.

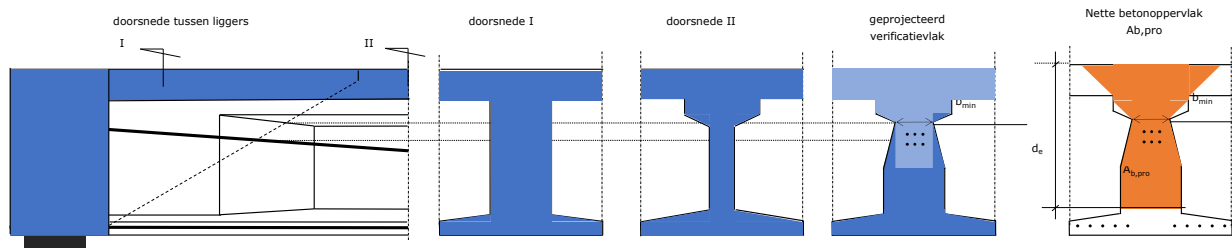
Bij statisch onbepaald gemaakte voorgespannen liggerviaducten met voorgerekt voorspanstaal mag de bijdrage van de voorspanning in N_{ed} ter plaatse van de tussensteunpunten niet in rekening gebracht worden.

$V_{Rd,cb}$ (N);

$$V_{min} = 0,83 \frac{k_{cap}^{3/2} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}}{f_{yk}^{1/2}} \quad (6.4 \text{ RBK});$$

f_{yk} is in Mpa;

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ voor voorspanstaal



Figuur 6.2 RBK – Geprojecteerd verificatievlak

6.2.2.2 Afwijkende verificatieregels voor massieve platen

(3) Bij bepaling van de dwarskrachtweerstand volgens vergelijking (6.3a RBK en 6.3b RBK) geldt dat:

- moet worden uitgegaan van een verticaal verificatievlak.
- de meest ongunstige positie van de belasting t.o.v. het verificatievlak aangehouden moet worden.
- het eerste verificatievlak genomen moet worden aan de dag van de oplegging of de dag van een dwarsbalk.
- de voorkant van de wielprint van het tandemstelsels, na spreiding tot aan de bovenzijde van de constructie (door grond, asfalt etc.), niet dichterbij dan $2,5d_e$ vanaf de dag van de oplegging of de dag van de dwarsbalk hoeft te worden geplaatst. Het 2^e en 3^e tandemstelsel moeten hierbij zo ongunstig mogelijk ten opzichte van het 1^e tandemstelsel worden geplaatst. De afstand $2,5d_e$ moet hierbij gemeten worden loodrecht op de opleglijn van de plaat.

(4) Bij berekening met behulp van een EEM plaatmodellering mag de rekenwaarde van de optredende dwarskracht V_{Ed} worden bepaald door middeling over een breedte van $4d_e$ (in dwarsrichting parallel aan de opleggingen).

6.2.2.3 Afwijkende verificatieregels voor voorgespannen elementen

- (5) Voorgespannen elementen moeten worden verdeeld in ongescheurd en gescheurd veronderstelde gebieden. Ongescheurde gebieden zijn gebieden waar de buigtrekspanning in de uiterste vezel ($M_{Ed}/W + N_{Ed}/A$) kleiner is dan f_{ctd} . De overige gebieden van een voorgespannen element moeten als gescheurd worden beschouwd.

Ter bepaling van de overgang van gescheurd naar ongescheurd moet de buigtrekspanning worden bepaald in verticale snedes met een lastpositie horende bij de maximale dwarskracht (V_{Ed}) in de beschouwde snede met bijbehorend moment (M_{Ed}).

- (6) In ongescheurde gebieden moet de verificatie van afschuifbuigbreuk volgens 6.2.2.1 en de verificatie op afschuiftrekbreek volgens 6.2.2.4 worden uitgevoerd.

(7) Bij de verificatie op afschuifbuigbreuk volgens 6.2.2.1 gelden de volgende aanpassingen:

- d_e moet vervangen worden door d_1 ;

- d_1 is de effectieve hoogte van de eerste laag voorspanning welke het verificatievlak aan de minst gedrukte rand doorsnijdt;

- $\rho_l = 0,02$ (vaste waarde ongeacht aanwezige wapening)

- Artikel 6.2.2.1 (6) en 6.2.2.1 (7) vervallen.

TOELICHTING: In ongescheurde gebieden kan geen afschuifbuigbreuk ontstaan. Uit de analyse van proeven met voorgespannen liggers blijkt echter dat de verificatieregels van afschuifbuigbreuk volgens de hier gegeven regels ook in deze gebieden kunnen worden toegepast.

6.2.2.4 Afschuiftrekbreuk

(8) In ongescheurde gebieden van voorgespannen elementen moet worden nagegaan of wel wordt voldaan bij bepaling van de dwarskrachtweerstand op basis van afschuiftrekbreuk volgens de hier gegeven rekenregels .

Voorgespannen elementen moeten worden verdeeld in ongescheurd en gescheurd veronderstelde gebieden zoals aangegeven in 6.2.2.3 (1).

Voor de verificatie moet worden uitgegaan van een verticaal verificatievlak.

Verificatie van de dwarskrachtweerstand volgens afschuiftrekbreuk is niet vereist voor verificatievlakken die dichterbij de eindoplegging liggen dan het punt dat het snijpunt vormt van de elastische zwaartepuntsas en een onder een hoek van 45° getrokken lijn vanaf de dag van de oplegging of de dag van een einddwarsbalk.

Voor de dwarskrachtweerstand bepaald op basis van afschuiftrekbreuk geldt dat de optredende hoofdtrekspanning niet hoger mag zijn dan de rekenwaarde van de treksterkte van het beton (f_{ctd}).

De maximaal optredende hoofdtrekspanning over de hoogte van het verificatievlak is gegeven door:

$$\sigma_{1,max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_h}{2}\right)^2 + \tau_{Ed}^2} - \frac{\sigma_h}{2} (6.5 \text{ RBK})$$

waarin:

σ_h is de horizontale betondrukspanning op de beschouwde hoogte ten gevolge van de normaalkracht (N_{Ed}) en/of moment (M_{Ed}) (druk is positief) rekening houdend met krachtsinleiding van voorspanning e.d. en een lastpositie horende bij de maximale dwarskracht V_{Ed} .

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S_y}{b_y I}$$

waarin:

V_{Ed} is de rekenwaarde van de optredende dwarskracht ten gevolge van uitwendige belasting en voorspanning (met of zonder aanhechting);

S_y is het lineair oppervlaktemoment op de beschouwde hoogte ten opzichte van de zwaartelijns;

I is het kwadratisch oppervlaktemoment;

b_y is de breedte op de beschouwde hoogte y , rekening houdend met eventueel aanwezige voorspankanalen in overeenstemming met de vergelijkingen (6.16) en (6.17) van NEN-EN 1992-1-1;
Voor statische bepaalde nagespannen T-liggers hoeft er geen rekening gehouden te worden met eventueel reductie door aanwezige voorspankanalen.

TOELICHTING: Voor dwarsdoorsneden waarin de breedte varieert over de hoogte kan de maximale hoofdtrekspanning optreden bij een as anders dan de zwaartepuntsas. Door meerdere punten te beschouwen over de hoogte kan dit punt gevonden worden.

De verificatie volgens afschuiftrekbreuk moet worden weergegeven in een unity check (uc waarde) waarvoor geldt:

$$UC = \frac{\sigma_{1,max}}{f_{ctd}} \quad (6.6 \text{ RBK})$$

Wanneer in ongescheurde gebieden bij eindopleggingen geldt $uc \leq 1,0$, mag worden aangenomen dat de dwarskracht weerstand voldoende is.

OPMERKING: Afschuiftrekbreuk wordt geïnitieerd door het overschrijden van de hoofdtrekspanning. Bij proeven is gebleken dat aanwezige buigscheuren geen invloed hebben op de dwarskrachtweerstand bepaald bij afschuiftrekbreuk.

Wanneer in overige ongescheurde gebieden de $uc \leq 1,0$ mag niet worden aangenomen dat de dwarskrachtweerstand voldoende is en moet dit ter beoordeling worden voorgelegd aan Rijkswaterstaat, afdeling Bruggen en Viaducten van GPO.

OPMERKING: De regels voor ATB in ongescheurde gebieden zijn nog in ontwikkeling. Een specialist van de afdeling Bruggen en Viaducten zal, mede op basis van de laatste inzichten, beoordelen of de dwarskrachtweerstand voldoende is.

Het maatgevende verificatievlak moet worden gezocht en geverifieerd. Het maatgevende verificatievlak is het verificatievlak waarbij de uc het grootst is.

Wanneer in het maatgevend verificatievlak de $uc > 1,0$ moet de grootte van het gebied met $uc > 1,0$ worden bepaald.

Voor het algemene geval van op buiging en normaalkracht belaste elementen, waarvan kan zijn aangetoond dat deze bij buiging in de UGT ongescheurd blijven, wordt verwezen naar 12.6.3 van NEN-EN 1992-1-1.

Vergelijking (6.5 RBK) en (6.6 RBK) zijn gebaseerd op toetsing van elementen zonder effecten van (nagenoeg) verticale voorspanning. Bij aanwezigheid van (nagenoeg) verticale voorspanning moet het effect daarvan worden meegenomen op basis van de theorie van de cirkel van Mohr. Hierbij moet uitgegaan worden van dezelfde grenswaarde voor de betontreksterkte.

TOELICHTING: Bij aanwezigheid van verticale voorspanning kan de optredende hoofdtrekspanning niet bepaald worden volgens vergelijking (6.6 RBK) daar dit een vereenvoudiging van de theorie van de cirkel van Mohr betreft waarbij de verticale component door voorspanning wordt verwaarloosd.

6.2.2.4 Overige verificaties en eisen

(9) Bij constructies zonder berekende bijdrage van dwarskrachtwapening moet de rekenwaarde van de optredende dwarskracht (V_{Ed}) voldoen aan de voorwaarde:

$$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d \nu f_{cd} \quad (6.7 \text{ RBK})$$

waarin

b_w	is de minimale breedte tussen de trek- en de drukrand, bij de bepaling van b_w moeten sparings in mindering worden gebracht, waarbij voorspankanalen ook als sparing worden beschouwd. Voor geïnjekteerde voorspankanalen behoeft slechts het halve oppervlak in mindering te worden gebracht;
d	effectieve hoogte van de dwarsdoorsnede;
ν	een sterkte-reductiefactor is voor beton, gescheurd door dwarskracht, $= 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$

(10) Liggers met belastingen dichtbij opleggingen en consoles mogen, als alternatief, met staafwerkmodellen zijn berekend. Voor dit alternatief wordt verwezen naar 6.5 van NEN-EN 1992-1-1.

----- Einde RBK vervanging 6.2.1 en 6.2.2 van NEN-EN 1992-1-1 -----

6.2.3 (2)	Eis
-----------	-----

De aan te houden waarde van θ is gegeven in 6.2.2.1 (7).

6.2.3 (3)	Eis
-----------	-----

In aanvulling op 6.2.3 (3) van NEN-EN 1992-1-1 geldt bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK:

De dwarskrachtweerstand V_{Rd} is de kleinste waarde van vergelijking (6.8 RBK) en (6.9) van NEN-EN 1992-1-1. Voor de bepaling van $V_{Rd,max}$ moet daarbij z worden vervangen door z_1 zoals aangegeven in 6.2.2.1 van deze RBK.

Verticale voorspanning mag als dwarskrachtwapening in rekening worden gebracht. Hierbij moet vergelijking (6.8) van NEN-EN 1992-1-1 vervangen worden door onderstaande vergelijking:

$$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_{sw}} + \frac{A_{pw}}{s_{pw}} \left(f_{pd} - \frac{P_{m,t(x)}}{A_{pw}} \right) \right) z_1 \cot \theta \quad (6.8 \text{ RBK})$$

waarin:

$V_{Rd,s}$	is de rekenwaarde van de dwarskracht die kan zijn opgenomen door de in het verificatievlak aanwezige dwarskrachtwapening bij het bereiken van de vloeigrens (betonstaal) of een fictieve vloeigrens (voorspanstaal);
A_{sw}	is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de dwarskrachtwapening uit betonstaal;
A_{pw}	is de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de dwarskrachtwapening uit verticaal voorspanstaal;
s_{sw}	is de hart-op-hartafstand van de dwarskrachtwapening bestaande uit betonstaal;
s_{pw}	is de hart-op-hartafstand van de dwarskrachtwapening bestaande uit voorspanstaal;

z_1 de inwendige hefboomsarm van de door beugelwapening omsloten laag langswapening

OPMERKING: Dit is in de regel z_1 zoals aangegeven in figuur 6.1 RBK.

f_{ywd} is de rekenwaarde van de vloeigrens van de dwarskrachtwapening uit betonstaal;

$$f_{pd} - \frac{P_{m,t(x)}}{A_{pw}} \leq f_{ywd} \leq 435 \text{ MPa}$$

TOELICHTING: De bijdrage van het voorspanstaal is beperkt daar bij de combinatie van betonaandeel en staaandeel de scheurwijdte beperkt dient te worden om optreden van beide mechanismen tegelijkertijd mogelijk te maken.

Indien vergelijking (6.10) van NEN-EN 1992-1-1 is gebruikt behoort de waarde van f_{ywd} in vergelijking (6.8 RBK) te zijn verminderd tot $0,8 f_{ywk}$ en geldt $f_{pd} - \frac{P_{m,t(x)}}{A_{pw}} \leq 348 \text{ MPa}$.

6.2.3 (4)	Eis
-----------	-----

In aanvulling op 6.2.3 (4) van NEN-EN 1992-1-1 geldt bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK:

- a) De dwarskrachtweerstand V_{Rd} is de kleinste waarde van vergelijking (6.9 RBK) en (6.14) van NEN-EN 1992-1-1. Hierbij moet in vergelijking (6.14) van NEN-EN 1992-1-1 worden uitgegaan van de grootste hoek van α en β . Voor de bepaling van $V_{Rd,max}$ moet daarbij z worden vervangen door z_1 zoals aangegeven in 6.2.2.1 van deze RBK.

OPMERKING: Bij toepassing van vergelijking (6.9 RBK) met dwarskrachtwapening uit voorspanstaal is vergelijking (6.15) van NEN-EN 1992-1-1 niet meer toepasbaar.

Verticale voorspanning mag als dwarskrachtwapening in rekening worden gebracht. Hierbij moet vergelijking (6.13) vervangen worden door onderstaande vergelijking:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s_{sw}} z_1 (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha + \left(\frac{A_{pw}}{s_{pw}} \left(f_{pd} - \frac{P_{m,t(x)}}{A_{pw}} \right) \right) z_1 (\cot\theta) \quad (6.9 \text{ RBK})$$

waarin:

α is de hoek tussen de dwarskrachtwapening uit betonstaal en de as van de ligger loodrecht op de dwarskracht;

- Overige zie aanvulling op 6.2.3 (3).

6.2.3 (5)	Advies
-----------	--------

Dit artikel vervalt bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK.

6.2.3 (7)	Eis
-----------	-----

Dit artikel vervalt bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK.

TOELICHTING: Bij de verificatie zoals gegeven in 6.2.2.1 van deze RBK moet de wapening vanaf de doorsnijding met het verificatievlak voldoende verankerd zijn om de optredende trekkracht op te nemen. Deze optredende trekkracht wordt bepaald door het maximaal optredende moment over het verificatievlak.

6.2.3 (8)	Eis
-----------	-----

Bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK moet in alle gevallen $\beta=1$ aangehouden worden.

6.3.2 (5)	Eis
-----------	-----

Vervang vergelijking (6.2) door vergelijking (6.3 RBK).

9.2.1.3 (2)	Eis
-------------	-----

Bij toepassing van 6.2.2.1 van deze RBK moet vergelijking (9.2) worden vervangen door:

$$a_l = z_1 (\cot\theta) \quad (9.2 \text{ RBK})$$

TOELICHTING: Door de combinatie van het betonaandeel ($V_{Rd,cb}$) en het aandeel van beugelwapening ($V_{Rd,s}$) is de werkelijke verschuiving een waarde tussen de uitkomst van (9.2) en (9.2 RBK), e.e.a. afhankelijk van de verhouding tussen beide componenten. De hier gegeven verschuivingsregel is een veilige benadering.

9.2.2 (3)	Eis
-----------	-----

Beugels die onvoldoende verankerd zijn mogen alleen onder onderstaande voorwaarden voor toetsing conform 6.2.3 van NEN-EN 1992-1-1 in rekening worden gebracht.

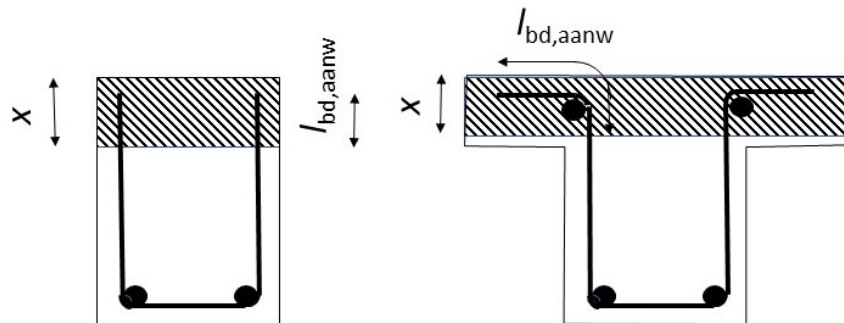
- Beugels moeten de trekzone omsluiten;
- De minimaal aanwezige verankeringslengte $l_{bd,aanw}$ van de beugels in het verificatievlak moet aangehouden worden.
- Voor beugels welke de drukzone niet omsluiten mag voor de verankeringslengte alleen uitgegaan worden van de aanwezige beugellengte in de drukzone. Voor de bepaling van de drukzonehoogte moet worden uitgegaan van het maximale optredende moment horende bij de optredende maximale dwarskracht in het verificatievlak.
- Voor de bijdrage in de toetsing conform 6.2.3 van NEN-EN 1992-1-1 moet in vergelijking (6.8) / (6.13) van NEN-EN 1992-1-1 of (6.8 RBK) of (6.9 RBK):
 - f_{ywd} worden vervangen door de maximaal opneembare spanning welke beperkt moet zijn tot σ_{swd} :

$$\sigma_{swd} = \frac{l_{bd,aanw}}{l_{bd}} * f_{ywd} \leq f_{ywd}$$

waarin:

$l_{bd,aanw}$ de minimaal aanwezige verankeringslengte zoals weergegeven in figuur 9.1 RBK

- voor de bepaling van het aantal beugels moet z vervangen worden door $(d_1 - x)$ bij toepassing van de RBK of $(d - x)$ bij toepassing van NEN-EN 1992-1-1.



Figuur 9.1 RBK: Voorbeelden bepaling $l_{bd,aanw}$

NEN-EN 1992-2

5.5 (105)	Eis
-----------	-----

(11)Herverdelen is toegestaan tot $\delta \geq 0,8$.

Bij wapening met wapeningsklasse A is herverdeling niet toegestaan.

Bij toepassing van herverdeling moet geverifieerd worden of in de bruikbaarheidsgrenstoestand de wapening niet tot vloeien wordt belast.

TOELICHTING: Door aanpassing van de partiële belastingfactoren bij bestaande bouw volgens NEN 8700 kan het zijn dat in de gebruiksfase de belasting al dusdanig hoog is dat vloeien van de wapening optreedt. Bij bepaling van de hier genoemde maximale herverdeling van 20% is ervan uitgegaan dat de spanning in de wapening dan onder de vloeispanning blijft in de gebruiksfase. Door het kiezen van een lager veiligheidsniveau met bijbehorende partiële belastingfactoren kan het zijn dat wapening in de gebruiksfase al vloeit, dit moet voorkomen worden.

6.2.2 (101)	Eis
-------------	-----

Voor de verificatie op dwarskracht moet worden uitgegaan van de RBK tekst voor 6.2 van NEN-EN 1992-1-1.

6.2.3 (103)	Eis
-------------	-----

In aanvulling op 6.2.3 (103) van NEN-EN 1992-2 geldt 6.2.3 (3) RBK voor NEN-EN 1992-1-1.

9.2.2 (101) NB	Eis
----------------	-----

(1) Bij platen mag dwarskrachtwapening volledig bestaan uit opgebogen wapening, mits deze wapening voldoende is verankerd.