Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken

Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand kunstwerk bij verbouw, gebruik en afkeur.

RBK 1.1

Doc. Nr.: RTD 1006:2013
Versie: 1.1
Status: Definitief
Datum: 27 mei 2013

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken

Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand kunstwerk bij verbouw, gebruik en afkeur.

RBK 1.1

RTD 1006:2013

Status: Definitief

Datum: 27 mei 2013

Colofon

Uitgegeven door:	Rijkswaterstaat
Informatie:	rbk-info@rws.nl
Versie:	1.1
Status:	Definitief
Datum:	27 mei 2013

Voorwoord

Het beoordelen van de veiligheid van bestaande constructies is lange tijd gedaan met normen voor nieuwbouw. In 2004 heeft Rijkswaterstaat met de Richtlijn Beoordelen Bestaande Kunstwerken (RBBK) een eerste aanzet gegeven voor de beoordeling van bestaande betonnen kunstwerken volgens aangepaste regels voor bijvoorbeeld modellering en belastingen.

In het Bouwbesluit 2012 wordt onderscheid gemaakt in eisen voor nieuwbouw en eisen voor bestaande bouw. Voor bestaande constructies worden aangepaste regels gegeven waarbij zowel de belasting als het veiligheidsniveau lager zijn dan voor nieuwbouw. Hiervoor zijn de normen NEN 8700 en NEN 8701 beschikbaar. Deze normen dienen in samenhang met de Eurocodes te worden gebruikt.

De wijzigingen in de regelgeving en de ontwikkelingen op het gebied van het beoordelen van bestaande constructies maakt het noodzakelijk om de aanvullende regelgeving van Rijkswaterstaat hierop aan te passen.

Voor het ontwerp van kunstwerken heeft Rijkswaterstaat de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) opgesteld. In de ROK worden naast eisen aan de constructieve veiligheid en duurzaamheid richtlijnen genoemd die nodig zijn om nieuwe, geschikte, RWS kunstwerken of kunstwerkdelen te realiseren.

Voor de beoordeling van bestaande constructies heeft Rijkswaterstaat de Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK) opgesteld. In de RBK worden eisen gesteld aan de veiligheid en bruikbaarheid van bestaande kunstwerken. Deze richtlijnen sluiten aan bij het streven naar een uniforme beoordeling van de constructieve veiligheid.

De RBK is samengesteld door Rijkswaterstaat in overleg met de Technische Universiteit Delft en TNO.

Naast de ervaringen met beoordeling door Rijkswaterstaat en ingenieursbureaus zijn ook de inzichten verwerkt die zijn opgedaan bij onderzoeken door TNO en TU Delft.

De regels voor het beoordelen van bestaande kunstwerken zijn nog steeds in ontwikkeling. Nog niet alles is duidelijk, voor sommige aspecten zijn vooralsnog conservatieve aannames gedaan. Deze zullen in toekomstige versies van de RBK waar mogelijk worden aangepast.

Het beoordelen van bestaande kunstwerken vereist specifieke kennis en vaardigheden. Wij vertrouwen erop dat de gebruikers van de RBK zich hiervan bewust zijn. We verwachten dat het gebruik van de RBK bijdraagt aan, voor de Nederlandse gemeenschap, veilig bruikbare kunstwerken waarbij onnodige maatregelen worden voorkomen.

Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Hoofdingenieur-directeur
Ing. C. Brandsen

Inhoudsopgave

Voorwoord 2

1. Algemeen 7

1.1. Inleiding 7
1.2. Onderwerp en toepassingsgebied 7
1.3. Normen voor beoordeling 8
1.4. Aanleiding voor beoordeling 10
1.5. Beoordelingsniveaus 10
1.6. Veiligheidsniveau bij verbouw 11
1.7. Bruikbaarheid en duurzaamheid 12
1.8. Beoordeling van de constructieve veiligheid 13
1.9. Uitvoeringsmaatregelen 15
1.10. Beheersmaatregelen 16
1.11. Onderdelen beoordeling 18

2. Aanvullingen op normen en richtlijnen 23

2.1. Inleiding 23
2.1.1. Overzicht normatieve verwijzingen 23
2.1.2. Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde 23
2.1.3. Toepassingsgebied 24
2.1.4. Leeswijzer 24
2.2. Eurocode 0 – Grondslagen van het constructief ontwerp 25
2.3. NEN 8700 26
2.4. Eurocode 1 – Belastingen op constructies 31
2.4.1. Deel 1-1: Algemene belastingen -Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen 31
2.5. NEN 8701 32
2.6. Eurocode 2: Ontwerp en berekening betonconstructies 35
2.6.1. Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen 35
2.6.2. Deel 2: Betonnen bruggen 58
2.6.3. Betonnen bruggen – overige regels waar de EC 2 niet in voorziet 60
2.7. Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies (en mechanische uitrustingen, incl. fabricage en uitvoering) 61
2.7.1. Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen 61
2.7.2. Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand 64
2.7.3. Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen 64
2.7.4. Deel 1-4: Algemene regels - Aanvullende regels voor roestvaste staalsoorten 65
2.7.5. Deel 1-5 Constructieve plaatvelden 65
2.7.6. Deel 1-6: Algemene regels - Sterkte en Stabiliteit van Schaalconstructies 66
2.7.7. Deel 1-7: sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen 66
2.7.8. Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen 67
2.7.9. Deel 1-9: Vermoeiing 70
2.7.10. Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting 72
2.7.11. Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten 72
2.7.12. Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van NEN-EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700 73

2.7.13. Deel 2: Stalen bruggen 74

3. Verificatieberekening beton 79

3.1. Beton 79
3.2. Betonstaal 80
3.3. Nagerekt voorspanstaal 81
3.4. Belastingen door asfaltverharding 82
3.5. Modellering 82
3.6. Verfijning 85
3.7. Inhoud verificatieberekening 86
3.8. Presentatie resultaten 87

Bijlagen Beton

Bijlage B1 Oude Normen 89
Bijlage B2 Modelverfijning 95
Bijlage B3 Veredeld voorspanstaal 89
Bijlage B4 Tabel voorspansystemen 106
Bijlage B5 Eisen aan EEM-berekeningen 111

1. Algemeen

1.1. Inleiding

De Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK) bevat richtlijnen, en aanvullende eisen voor de beoordeling van bestaande kunstwerken in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen.

De RBK bestaat uit drie hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk bevat het algemene deel. Hierin wordt de werkwijze voorgeschreven voor de beoordeling. Het tweede hoofdstuk bevat de aanvullingen op de normen en de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK). In het derde hoofdstuk worden aanvullingen en richtlijnen gegeven voor de beoordeling van betonnen bruggen.

Een kunstwerk dient gedurende de restlevensduur veilig bruikbaar te zijn. Wanneer hieraan getwijfeld kan worden dient dit beoordeeld te worden door berekening en onderzoek met gebruik van de RBK.

De RBK is alleen digitaal als pdf-document verkrijgbaar.

De gebruikers van de RBK kunnen vragen of wijzigingsvoorstellen insturen naar rbk-info@rws.nl.

De vragen worden beantwoord door de beheercommissie RBK. Deze commissie is verantwoordelijk voor de beantwoording van vragen, wijzigingen en de ontwikkeling van de RBK.

Wijzigingen en aanvullingen van de RBK worden uitgebracht in de vorm van wijzigingsbladen of een nieuwe versie.

1.2. Onderwerp en toepassingsgebied

De RBK is bedoeld om te worden gebruikt in aanvulling op de normenreeks NEN-EN 1990 tot en met NEN-EN 1999 (in het vervolg ook aangeduid met Eurocodes), NEN 8700, NEN 8701 en de ROK.

De RBK is bedoeld om te worden gebruikt bij het beoordelen van de constructieve veiligheid en bruikbaarheid van bestaande kunstwerken door middel van berekening en onderzoek.
OPMERKING: De beoordeling van de constructieve veiligheid en bruikbaarheid anders dan door berekeningen en onderzoek, bijvoorbeeld door een risicoanalyse (CRIAM), behoort niet tot de scope van de RBK.

De RBK is bedoeld voor gebruik bij kunstwerken in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen. Afwijking van de RBK is alleen toegestaan met toestemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK.

Het toepassingsgebied van deze versie is beperkt tot betonnen en stalen bruggen. In het vervolg ook aangeduid met het begrip kunstwerken.

1.3. Normen voor beoordeling

In het Bouwbesluit 2012 wordt voor bestaande bouwwerken verwezen naar NEN 8700. Voor de in rekening te brengen belastingen wordt in NEN 8700 verwezen naar NEN 8701.

In deze paragraaf worden een aantal punten uit de NEN 8700 en NEN 8701 genoemd welke voor het vervolg van de RBK van belang zijn.

NEN 8700

Deze norm geeft de grondslagen voor de beoordeling van bestaande constructies. In aanvulling op NEN-EN 1990 worden hiervoor de volgende mogelijkheden gegeven:
- Het veiligheidsniveau.
  Het gebruik van het verbouw- en afkeurniveau met de hierbij behorende partiële factoren voor bruggen volgens tabel A2.2 in bijlage A2.
- Levensduur.
  Het beoordelen van de constructie voor gebruik gedurende de restlevensduur in plaats van de ontwerplevensduur.
- Karakteristieke waarde van de belastingen
  De verkeersbelasting kan worden verlaagd door rekening te houden met het werkelijk gebruik volgens NEN 8701.
- De in rekening te brengen buitengewone belastingen.
- Wijze van bepalen van de sterkte.

Voor de beoordeling van bestaande constructies geldt dat deze gedurende de restlevensduur veilig en bruikbaar dienen te zijn.

De constructieve veiligheid wordt getoetst aan de hand van uiterste grenstoestanden. Volgens NEN 8700 zijn dit de volgende toestanden:
- Verlies van evenwicht van de constructie.
- Bezwijken door buitensporige vervorming, verandering van de constructie of een onderdeel ervan in een mechanisme, breuk, verlies van stabiliteit van de constructie of een deel ervan, met inbegrip van steunpunten en funderingen.
- Bezwijken door vermoeiing of andere tijdsafhankelijke effecten.

Aan de bruikbaarheidsgrenstoestanden worden wettelijk geen eisen gesteld.

Voor de duurzaamheid gelden de principes uit 2.4 van NEN-EN 1990. Hierbij dienen duurzaamheidsaspecten voor een verbouwing of voor het beoordelen of het afkeurniveau wordt onderschreden slechts voor de restlevensduur in de beoordeling te worden betrokken.

In NEN 8700 worden, voor de verschillende gevolgklassen, de wettelijke minimum niveaus voor afkeur en verbouw gegeven. Bij het wettelijke minimum van afkeur hoort een restlevensduur van 1 jaar en een referentieperiode van 15 jaar (gevolgklasse CC2 en CC3).

Bruggen in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen zijn ingedeeld in gevolgklasse CC3 (tabel NB.21 van NEN-EN 1990 NB).

Verbouw is een bouwactiviteit welke een fysieke verandering van de constructie of een constructieonderdeel tot gevolg heeft. Als voorbeelden worden reparatie, geheel of gedeeltelijke vernieuwing, verandering en vergroting genoemd.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt ingegaan op een aantal aanvullingen:
- Aanleiding voor beoordeling (paragraaf 1.4).
- Beoordelingsniveaus (paragraaf 1.5).
- Veiligheidsniveau bij verbouw (paragraaf 1.6).
- Bruikbaarheid en duurzaamheid (paragraaf 1.7).
- Beoordeling van de constructieve veiligheid (paragraaf 1.8).
- Uitvoeringsmaatregelen (paragraaf 1.9).
- Beheersmaatregelen (paragraaf 1.10).
- Onderdelen beoordeling (paragraaf 1.11).

In hoofdstuk 2 worden de normatieve aanvullingen op NEN 8700 gegeven.

NEN 8701

In NEN 8701 worden de aan te houden belastingen voor verbouwing en beoordeling van bestaande bouwwerken gegeven.

Voor de verkeersbelasting wordt in aanvulling op NEN-EN 1991-2 de mogelijkheid gegeven de referentieperiode, de trend, de invloedslengte en het werkelijk gebruik aan te passen.
Bij het werkelijk gebruik dient rekening te worden gehouden met noodgevallen en tijdelijk afwijkende situaties.

In paragraaf 1.8 wordt verder invulling gegeven aan het werkelijk gebruik en de aan te houden verkeersbelasting.

In hoofdstuk 2 worden de normatieve aanvullingen op NEN 8701 gegeven.

1.4. Aanleiding voor beoordeling

Wanneer getwijfeld wordt aan de constructieve veiligheid dient een kunstwerk beoordeeld te worden. Voorbeelden van situaties waarbij getwijfeld kan worden aan de constructieve veiligheid zijn:

1. Schade aan het kunstwerk met mogelijk constructieve gevolgen; bijvoorbeeld in de vorm van scheurvorming, corrosie betonstaal, vervorming of schade door aanrijding.
2. Toename van de karakteristieke verkeersbelasting ten opzichte van het ontwerp.
3. Toename van de karakteristieke blijvende belasting ten opzichte van het ontwerp. Bijvoorbeeld overlagen met zeer open asfaltbeton (ZOAB) of het plaatsen van een geluidsscherm.
4. Het ontbreken van relevante ontwerpgegevens.
   Bijvoorbeeld het ontbreken van de (ontwerp)verkeersbelasting en de daarbij aangenomen belaste rijwegbreedte.
5. Nieuwe inzichten in het gedrag van de constructie of constructieonderdelen.
   Bijvoorbeeld vermoeiing bij stalen bruggen en dwarskracht bij betonnen bruggen.
6. Advies als gevolg van een instandhoudingsinspectie.

Bij een beoordeling dienen de onderdelen volgens paragraaf 1.11 te worden uitgewerkt.

1.5. Beoordelingsniveaus

Rijkswaterstaat hanteert de betrouwbaarheidsindex β=3,3 als de ondergrens voor de constructieve veiligheid van haar bestaande kunstwerken. Om kunstwerken hierop te kunnen beoordelen introduceert Rijkswaterstaat het "gebruikniveau".

Het gebruikniveau is het minimum niveau van constructieve veiligheid voor kunstwerken in gebruik in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen.

In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillende veiligheidsniveaus en de hierbij behorende belastingfactoren.

		Blijvend 6.10 a	Blijvend 6.10 b	Verkeer	Wind	Overig veranderlijk
	β	$\gamma_{G_{j,sup}}$	$\xi\gamma_{G_{j,sup}}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Nieuwbouw	4,3	1,40	1,25	1,50	1,65	1,65
Verbouw	3,6	1,30	1,15	1,30	1,60	1,50
Gebruik	3,3	1,25	1,15	1,25	1,50	1,30
Afkeur	3,1	1,25	1,10	1,25	1,50	1,30

Tabel 1.1: Veiligheidsniveaus

De tabel geldt voor kunstwerken in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen waarvan de omgevingsvergunning is verleend vóór het Bouwbesluit 2012.

Voor kunstwerken waarvan de omgevingsvergunning is verleend volgens het Bouwbesluit 2012 geldt dat deze dienen te voldoen aan het nieuwbouwniveau.

De niveaus nieuwbouw en verbouw gelden voor nieuwe delen of delen welke verbouwd worden (zie paragraaf 1.6). De niveaus gebruik en afkeur gelden voor bestaande (delen van) kunstwerken welke niet verbouwd worden (zie paragraaf 1.8).

Voor de referentieperiode en restlevensduur geldt de volgende tabel:

	referentieperiode (jaar)	Restlevensduur (jaar)
Nieuwbouw	100	100
Verbouw	30	30*)
Gebruik	30	30*)
Afkeur	15	1

Tabel 1.2: Referentieperiode en restlevensduur

*) Voor verbouw en gebruik kan projectspecifiek een langere restlevensduur (en referentieperiode) worden overeengekomen.

Het gebruikniveau is aanzienlijk lager dan het nieuwbouwniveau. Het gebruikniveau is alleen toegestaan onder de voorwaarden dat:
- De weerstand van de constructie niet verder afneemt dan waarmee rekening is gehouden.
- Geen constructieve schade aanwezig is of de schade verklaart en beheerst wordt en het effect ervan op de weerstand van de constructie in de beoordeling meegenomen is.
- De belasting gedurende de restlevensduur niet verder toeneemt dan waarmee rekening is gehouden.
- Zodanig extra aandacht aan het (standaard) beheer en onderhoud wordt gegeven dat de constructieve veiligheid gewaarborgd blijft.

1.6. Veiligheidsniveau bij verbouw

Bij verbouw dient in principe ontworpen te worden op het veiligheidsniveau behorende bij nieuwbouw. Wanneer dit onevenredig grote inspanning vereist (disproportioneel is) mag hiervan worden afgeweken. Hierbij mag het veiligheidsniveau niet kleiner worden dan het verbouwniveau.
Afwijking van het nieuwbouwniveau is alleen toegestaan met instemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK.

Alleen die delen welke fysiek worden verbouwd vallen onder verbouw.
Kunstwerk(delen) welke niet worden verbouwd dienen minimaal te voldoen aan het gebruikniveau,

Ter verduidelijking volgen hier enkele voorbeelden:
- Bij een verbreding valt het nieuwe deel (de verbreding) onder verbouw. Het bestaande deel dient te worden beoordeeld op het niveau gebruik.

- Bij een versterking valt de versterking en het te versterken onderdeel (bijvoorbeeld een ligger) onder verbouw. De overige bestaande onderdelen (bijvoorbeeld overige liggers) dienen te worden beoordeeld op het niveau gebruik.
- Bij het plaatsen van een geluidsscherm valt het scherm onder verbouw. De bestaande (dragende) constructie dient te worden beoordeeld op het niveau gebruik.
- Bij toename van de belasting zonder fysieke wijziging, bijvoorbeeld door het aanbrengen van alleen een extra laag asfaltbeton dient de bestaande constructie te worden beoordeeld op het niveau gebruik.
- Bij wijziging van de wegindeling dient de bestaande constructie te worden beoordeeld op het niveau gebruik.

Afwijkingen ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp welke in het verleden zijn uitgevoerd worden beschouwd als bestaande onderdelen van de constructie (bijvoorbeeld een in het verleden aangebracht verbreding van een brug).

1.7. Bruikbaarheid en duurzaamheid

Voor nieuwe kunstwerken zijn ten aanzien van de bruikbaarheid en duurzaamheid eisen opgenomen in de materiaalgebonden delen van de Eurocodes. Bestaande kunstwerken zullen hier niet altijd aan kunnen voldoen. Bovendien beïnvloedt de conditie van (onderdelen van) het kunstwerk de bruikbaarheid en duurzaamheid gedurende de restlevensduur.

Bij de beoordeling van de constructieve veiligheid en bruikbaarheid hoeft niet voldaan te worden aan de ontwerpeisen voor bruikbaarheid en duurzaamheid uit de materiaalgebonden normen.

Wel dient rekening te worden gehouden met de conditie en de te verwachten vermindering hiervan gedurende de restlevensduur (zie onderdelen C en D van de beoordeling in paragraaf 1.11).

Indien vermindering van de conditie de constructieve veiligheid en bruikbaarheid gedurende de restlevensduur in gevaar kunnen brengen, dienen maatregelen te worden genomen.

De bruikbaarheid met betrekking tot vervorming van de kunstwerken dienen wel beschouwd te worden. Bijvoorbeeld de doorvaarthoogte bij bruggen.

1.8. Beoordeling van de constructieve veiligheid

Voor de beoordelingen van de constructieve veiligheid dient gebruik te worden gemaakt van de methode van partiële factoren. Hierbij worden de grenstoestanden geverifieerd met een unity check (uc). De uc is de verhouding tussen de rekenwaarde van het belastingeffect (E_d) en de rekenwaarde van de weerstand (R_d). Een grenstoestand voldoet bij uc = E_d / R_d ≤ 1,00.

Bij een beoordeling worden alleen de uiterste grenstoestanden, inclusief vermoeiing, beoordeeld.

De bruikbaarheidsgrenstoestanden en de duurzaamheid worden in principe niet beoordeeld. In plaats hiervan dient bij de beoordeling van de uiterste grenstoestanden rekening te worden gehouden met de te verwachten verminderde conditie van het kunstwerk gedurende de restlevensduur.

Voor de karakteristieke verkeersbelasting volgens werkelijk gebruik wordt onderscheid gemaakt in:

V1 Normale situatie
De indeling van de rijweg komt hierbij overeen met de huidige of toekomstig gewenste indeling. De verkeersbelasting staat op de rijstroken; de vluchtstrook wordt belast als resterend oppervlak.

V2: Noodgeval
Hiervoor wordt de theoretische indeling volgens NEN-EN 1991-2 gebruikt.
Een noodgeval wordt verondersteld één maal per vijf jaar voor te komen en maximaal één dag aan te houden wat overeenkomt met een referentieperiode van één maand per vijf jaar restlevensduur.

Opmerking 1: Bij een restlevensduur van 30 jaar is de referentieperiode zes maanden.

Opmerking 2: De breedte van de rijweg wordt gemeten vanaf 0,3 meter uit de stootranden of binnenzijden van de voertuigkeringen.

Opmerking 3: Voor de waarden van α_Q en α_q dient het werkelijk aantal rijstroken ongeacht de rijrichting te worden genomen (NEN 8701 artikel 5.1.5(2)).

Opmerking 4: Indien het noodgeval maatgevend is dient onderzocht te worden of met een aangepaste wegindeling kan worden gerekend. Bijvoorbeeld door de fysiek toegankelijke ruimte voor het verkeer te beperken (zie paragraaf 1.9).

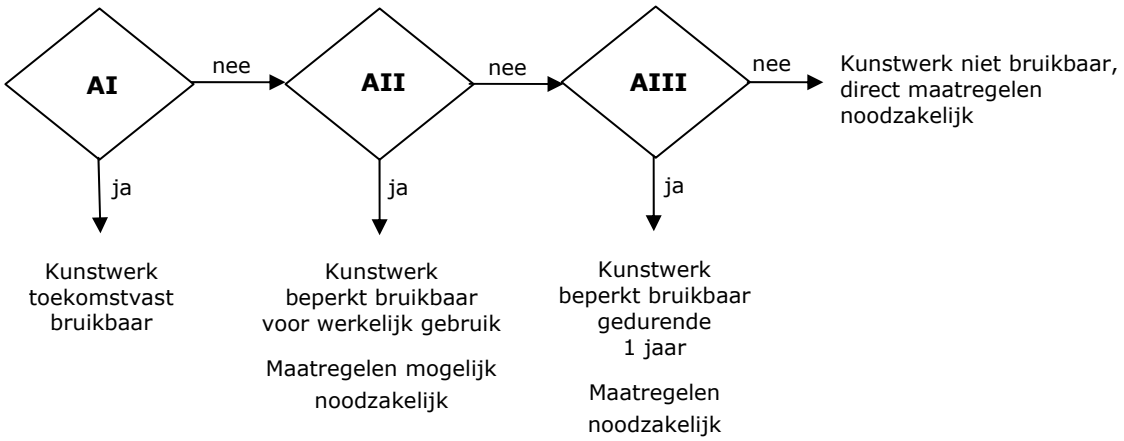
V3: Tijdelijk afwijkende situaties
Volgens opgave opdrachtgever.

Bij de beoordeling kan het noodzakelijk zijn dat "scherper" gerekend moet worden dan bij het ontwerp van nieuwbouw gebruikelijk is. Dit betreft zowel de modelkeuze als verfijningen binnen het rekenmodel. Zie hiervoor ook hoofdstuk 3 voor de verificatieberekening van betonnen bruggen.

Voordat overgegaan wordt op een maatregel dienen alle rekentechnische mogelijkheden in redelijkheid benut te zijn geweest.

Bij de beoordeling wordt onderscheid gemaakt in drie verschillende situaties, aangeduid met AI, AII en AIII. Situatie AI dient eerst te worden beschouwd en vervolgens, indien nodig, achtereenvolgens situatie AII en AIII, zie figuur 1.1.

Alle mogelijke verfijningen dienen bij situatie A1 te worden toegepast (zie voor betonnen bruggen ook hoofdstuk 3).



Figuur 1.1: Schema met drie situaties voor beoordeling constructieve veiligheid

AI Beoordeling voor toekomstvast gebruik met:
- Belastingfactoren, restlevensduur en referentieperiode volgens gebruikniveau.
- Verkeersbelasting volgens NEN 8701 met uitzondering van het werkelijk gebruik. In plaats hiervan dient de theoretische rijstrookindeling met LM1 en LM2 volgens NEN-EN 1991-2 te worden genomen.
- De werkelijk aanwezig of gewenste blijvende belastingen zoals asfaltverharding, schermen en ander wegmeubilair. Voor de asfaltverharding dient minimaal de belasting volgens de ROK te worden aangehouden.

Indien het kunstwerk voldoet kan deze gedurende de restlevensduur onbeperkt door verkeer worden gebruikt

AII Beoordeling voor werkelijk gebruik.
- Belastingfactoren, restlevensduur en referentieperiode volgens gebruikniveau.
- Veranderlijke belasting door verkeer volgens werkelijk gebruik, situaties V1, V2 en V3.
- De werkelijk aanwezige blijvende belastingen zoals asfaltverharding, schermen en ander wegmeubilair. Indien het voornemen bestaat om de blijvende belasting, zoals de asfaltverharding, te veranderen dient dit afzonderlijk te worden beoordeeld.

Indien het kunstwerk voldoet dient vastgesteld te worden of extra beheermaatregelen noodzakelijk zijn om situatie AII gedurende de restlevensduur te handhaven.

AIII Beoordeling voor directe afkeur
- Belastingfactoren, restlevensduur en referentieperiode volgens afkeurniveau.
- Veranderlijke belasting door verkeer volgens werkelijk gebruik, situaties V1 en V2. Voor situatie V2 dient gerekend te worden met referentieperiode van één maand.
- Met werkelijk aanwezig blijvende belastingen zoals asfaltverharding, schermen en ander wegmeubilair.

Indien het kunstwerk niet voldoet dient, in overleg met de opdrachtgever, te worden vastgesteld of de blijvende belasting kan worden gereduceerd. Wanneer dit het geval is dient deze situatie te worden beoordeeld.

Indien het kunstwerk niet voldoet dienen direct maatregelen te worden getroffen om de constructieve veiligheid te garanderen.
Indien het kunstwerk wel voldoet aan situatie AIII (maar niet voldoet aan situatie AII) dienen binnen één jaar de noodzakelijke uitvoeringsmaatregelen te worden getroffen.

Indien uit de beoordeling blijkt dat uitvoeringsmaatregelen getroffen dienen te worden dient de noodzaak hiervan te worden vastgesteld. Hierbij dient te worden beoordeeld of in de verificatieberekening alle rekentechnische mogelijkheden in voldoende mate zijn benut en of anderszins maatregelen kunnen worden voorkomen.
Toelichting: Onnodige hinder en onnodige kosten door maatregelen dienen te worden voorkomen.

1.9. Uitvoeringsmaatregelen

Mogelijke uitvoeringsmaatregelen om de constructieve veiligheid en bruikbaarheid gedurende de restlevensduur te verbeteren zijn:
- Verlaging van de blijvende belasting.
- Verlaging van de belasting door verkeer.
- Verminderen of voorkomen van de achteruitgang van de conditie.
- Versterken.
- Vervangen.

De blijvende belasting door de asfaltverharding kan worden verlaagd door het aanpassen van het lengteprofiel waardoor een dunnere laag asfaltverharding of alternatieve deklaag kan worden aangebracht. Zie voor de diverse mogelijkheden de Richtlijn Voor Het Ontwerp Van Asfalt Wegverhardingen Op Betonnen En Stalen Brugdekken (RTD 1009:2012).

Door verkeersmaatregelen kan de belasting door verkeer worden verlaagd. Dit kan op verschillende manieren:
- Het beperken van verkeer door aanpassing van de wegindeling.
  Bijvoorbeeld door het verleggen van rijstroken en het, voor verkeer, fysiek ontoegankelijk maken van delen van het kunstwerk.

- Het beperken van het verkeer door het plaatsen van borden.
  Voor bruggen in hoofdwegen is dit alleen als tijdelijke maatregel voor maximaal één jaar toegestaan.

Beperking van het verkeer is alleen toegestaan met instemming van de beheerder.

Door uitvoeringsmaatregelen kan de snelheid van de achteruitgang van de conditie van een kunstwerk worden verminderd. Voor betonnen kunstwerken zijn dit bijvoorbeeld:

- Het saneren van het beton of aanbrengen van kathodische bescherming bij chloride geïnitieerde betonschade waarbij corrosie van wapening de constructieve veiligheid gedurende de restlevensduur bedreigt.
- Het op orde brengen van de waterhuishouding door herstel van lekkende voegovergangen en hemelwaterafvoeren.
- Herstel van de waterdichtheid van de verhardingsconstructie.

Versterkingen kunnen tijdelijk of permanent zijn. Bij permanente versterking dient, voor die delen die versterkt worden, voldaan te worden aan het veiligheidsniveau bij verbouw volgens paragraaf 1.6. Bij tijdelijke maatregelen dient ten minste voldaan te worden aan het gebruikniveau.

1.10. Beheersmaatregelen

Voor het bepalen van de beheersmaatregelen dient een risicoanalyse te worden uitgevoerd. Hierbij worden minimaal de volgende onderdelen betrokken:

- Inspectie.
- Onderzoeken.
- Verificatieberekening.
- Uitvoeringsmaatregelen.

De beheersmaatregelen dienen te worden toegevoegd aan het beheer en onderhoudsplan. Ook beperkingen in het gebruik en blijvende belastingen (bijvoorbeeld asfaltverharding), en monitoring van mogelijke schades die van invloed zijn op de constructieve veiligheid dienen in het beheer en onderhoudsplan te worden opgenomen.

In de volgende tabel zijn een aantal voorbeelden van beheersmaatregelen opgenomen.

Risico's uit inspectie	*Beheersmaatregelen*
Zettingsverschillen	Vaststellen interventiewaarden en volgen zettingen door middel van de (reguliere) deformatiemetingen.
Constructieve scheuren	Vaststellen interventiewaarden en volgen scheurontwikkeling volgens meetprogramma.
Risico's uit onderzoek	*Beheersmaatregelen*
Chloriden geïnitieerde wapeningscorrosie	Aanbrengen van kathodische bescherming (indien constructieve veiligheid gedurende de restlevensduur wordt bedreigd). Bewaken werking gedurende de restlevensduur.
Risico's uit verificatieberekening	*Beheersmaatregelen*
Rekenen met gescheurde stijfheden noodzakelijk om veiligheid te kunnen aantonen.	Vaststellen interventiewaarden en volgen scheurontwikkeling volgens meetprogramma.
Betonstaal bij tussensteunpunten mag niet verloren gaan.	Controle op loskomende dekking bij vervanging asfaltverharding. Onderzoek naar de indringing van chloride en corrosie van het betonstaal.
Risico's van uitvoeringsmaatregelen	*Beheersmaatregelen*
Beperking van verkeer door ontoegankelijk maken vluchtstrook.	Beperking opnemen en handhaven.

Tabel 1.3: Risico's en beheersmaatregelen

1.11. Onderdelen beoordeling

Bij het beoordelen wordt onderscheid gemaakt in de volgende onderdelen:

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

De verschillende onderdelen zijn weergegeven in een chronologische volgorde. Om een bestaand kunstwerk te kunnen beoordelen met een verificatieberekening dient voorafgaand het archiefonderzoek en de constructieve inspectie te worden uitgevoerd. De verificatieberekening kan aanleiding zijn voor (vervolg)onderzoek.

De inhoud van de verschillende onderdelen is mede afhankelijk van het kunstwerk, het constructie type, de aanwezige archiefgegevens en de aanleiding van de beoordeling. De onderdelen worden alleen op hoofdlijn beschreven.

A Nota van uitgangspunten en randvoorwaarden

In deze nota worden de uitgangspunten en randvoorwaarden vastgelegd. Deze nota bevat minimaal de volgende punten:
1. Aanleiding voor het onderzoek.
2. Toekomstige situatie, bijvoorbeeld bij aanpassing in de omgeving zoals aanpassing talud en verlaging maaiveld. Beschrijving inclusief de voor de verificatieberekening relevante gegevens zoals afmetingen, gewicht en bevestiging bij een scherm.
3. Toelaatbare verkeerssystemen, het werkelijke of gewenst gebruik, gebruik bij noodgevallen en tijdelijke afwijkende situaties, bijvoorbeeld voor wegwerkzaamheden.

B Archiefonderzoek

Voor het archiefonderzoek gelden de volgende uitgangspunten:

1. De relevante informatie uit de verschillende archieven wordt verzameld, gedigitaliseerd en geanalyseerd.
   Een kopie van de gedigitaliseerde gegevens dient aangeleverd te worden aan de Corporate Dienst
2. Bij de analyse worden door een constructeur de gegevens verzameld welke noodzakelijk zijn om de verificatieberekening te maken. De gegevens worden in een overzicht gepresenteerd samen met een beschrijving van het kunstwerk. Indien gegevens ontbreken of met onvoldoende zekerheid zijn vast te stellen is onderzoek aan de constructie noodzakelijk.

3. De constructeur bepaalt met een risicoanalyse de voor de betreffende constructie risicovolle onderdelen en schademechanismen. Dit betreft een voorspelling op basis van constructietype en ervaring.
4. Wanneer ontwerpgegevens uit eerder uitgevoerde berekeningen anders dan de oorspronkelijke ontwerpberekening, worden gehaald dienen deze gegevens altijd geverifieerd te worden.
5. Berekeningsresultaten uit eerder uitgevoerde berekeningen mogen niet worden overgenomen. Wel kunnen deze als toets worden gebruikt.
6. De juistheid en volledigheid van de gegevens voor de verificatieberekening dienen te worden gecontroleerd door een tweede deskundige.

C Constructieve inspectie

Voor de constructieve inspectie gelden de volgende uitgangspunten:

1. De inspectie wordt uitgevoerd om na te gaan of de resultaten van het archiefonderzoek overeenstemmen met de feitelijke situatie en om de constructieve staat en bruikbaarheid te beoordelen.
2. De constructie wordt geïnspecteerd door de constructeur welke ook de verificatieberekening gaat uitvoeren.
3. De inspectie wordt mede gebaseerd op de tijdens het archiefonderzoek gemaakte risicoanalyse.
4. Indien hiertoe aanleiding is adviseert de constructeur om gericht technisch onderzoek te laten uitvoeren.
5. Bij schade dient de oorzaak achterhaald te worden.

D Onderzoek aan de constructie.

Het onderzoek richt zich op ontbrekende of aanvullende gegevens welke nodig zijn om de constructieve veiligheid en bruikbaarheid aan te tonen. Bijvoorbeeld:
- Het inmeten van de geometrie.
- Het bepalen van de blijvende belasting door wegen van de constructie.
- Het bepalen van de treksterkte van het toegepaste betonstaal, de druk- en treksterkte van het beton.
- Het bepalen van blijvende belasting met behulp van boorkernen, bijvoorbeeld bij asfaltverhardingen.
- Het bepalen van de eigenschappen en samenstelling van het toegepast staal (zoals vloeigrens, treksterkte, hardheid en taaiheid).

Onderzoeken dienen plaats te vinden in overleg met de constructeur.

E Verificatieberekening

Bij een verificatieberekening dient in ieder geval de bovenbouw te worden beschouwd. De overige onderdelen alleen indien hiertoe aanleiding is. Bijvoorbeeld bij:
- Constructieve schade aan onderbouw en (ongelijkmatige) zettingen.
- Significante toename van de belasting ten opzichte van het ontwerp.

Bij een verbouwing dient het gehele kunstwerk (bovenbouw, onderbouw en fundering) te worden beoordeeld door middel van een verificatieberekening.

In de verificatieberekening wordt de constructieve veiligheid beoordeeld. Dit is veelal een cyclisch proces. Hierbij worden in eerste instantie veelal conservatieve aannamen gedaan en keuzes gemaakt. Door heroverweging en aanpassing hiervan kunnen de uc's worden verlaagd. Hierbij wordt verondersteld dat door deze verfijning de verificatieberekening steeds minder conservatief wordt en dat het werkelijke gedrag steeds meer wordt benaderd.

Naar aanleiding van de verificatieberekening kan aanvullend onderzoek aan de constructie noodzakelijk zijn.

Voor betonnen kunstwerken kan verfijning van de verificatieberekening in de regel door:
- Modelkeuze, bijvoorbeeld ligger, plaat, plaat met (ex)centrische ribben en schaalmodel.
- Verfijningen binnen het model, bijvoorbeeld aanpassen van de orthotrope eigenschappen, aanpassing van het oplegsysteem en het in rekening brengen van werkelijke afmetingen.
- Verfijning van de toetsingen, bijvoorbeeld door herverdeling van momenten.

Naast het verfijnen van de verificatieberekening kunnen de belastingen worden verlaagd. Voordat hiertoe overgegaan wordt dienen alle mogelijke verfijningen te zijn toegepast (situatie AI).

Indien de constructie niet voldoet dienen mogelijke maatregelen te worden gegeven met onderbouwing van de haalbaarheid.

In het geval het kunstwerk constructieve schade vertoont, dient deze te worden verklaard en dient het gevolg in de verificatieberekening te worden meegenomen.

De verificatieberekening dient gecontroleerd te worden door een deskundige op het gebied van beoordeling van kunstwerken.

De resultaten van een berekening met een eindige elementen model dienen gecontroleerd te worden met een (eenvoudige) schaduwberekening.

De verificatieberekening dient gerapporteerd te worden volgens bijlage B5 en de Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten Kunstwerken (RTD 1004:2012).

De verificatieberekening van betonnen bruggen is in hoofdstuk 3 verder uitgewerkt.

F Beoordeling

In de beoordeling worden de resultaten van de verificatieberekening samengevat en de beoordeling van de constructieve veiligheid gegeven. Hierbij worden minimaal opgenomen:

- De gehanteerde uitgangspunten (zoals de gebruikte de belastingfactoren en de belasting van de asfaltverharding, geluidsschermen, en verkeer).
- Een overzicht van de uc's in de maatgevende doorsneden.
- Voorstel voor uitvoeringsmaatregelen met onderbouwing van de haalbaarheid.

G Beheersmaatregelen

Met behulp van een risicoanalyse worden de voorgaande onderdelen beoordeeld en de benodigde beheersmaatregelen vastgelegd.

2. Aanvullingen op normen en richtlijnen

2.1. Inleiding

2.1.1. Overzicht normatieve verwijzingen

In de RBK worden normen, rapporten, richtlijnen, e.d. genoemd zonder de actuele versies aan te duiden. In hoofdstuk 2 van de ROK zijn overzichten opgenomen met hun officiële naam, versienummer en jaar van uitgifte. De volgende tabel is hierop een aanvulling.

Toelichting:
Het overzicht is niet bedoeld als complete lijst van documenten die voor de beoordeling van bestaande kunstwerken van belang is. De gebruiker van de RBK is verantwoordelijk voor het hanteren van relevante normen, richtlijnen, etc. bij de beoordeling.

NEN-normen

Versie : jaar (taal)	Titel
NEN 8700:2011 (nl)	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen
NEN 8701:2011 (nl)	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Belastingen

2.1.2. Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde

De in deze RBK genoemde Eurocode delen (EC's) met bijbehorende Nationale Bijlagen (NB's), NEN 8700, NEN 8701 en de ROK zijn bindend van toepassing voor betonnen en stalen kunstwerken van Rijkswaterstaat. Ook bindend van toepassing zijn alle overige normen, richtlijnen en documenten die in deze RBK en de ROK worden genoemd, inclusief de aanvullingen hierop. Alle in of via de hiervoor genoemde normen aangeroepen documenten zijn tevens bindend van toepassing.

Daar waar gegevens onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:
1. Eisen uit het contract.
2. RBK bepalingen.
3. NEN 8700 en NEN 8701.
4. ROK bepalingen.
5. Eigen RWS richtlijnen.
6. EC's + NB's, NEN-normen, CUR- en CROW-documenten.

Bij tegenstrijdigheden tussen bindende documenten die vallen onder dezelfde rangorde, gaat het meest recente document boven het document van een vroegere datum.

2.1.3. Toepassingsgebied

De aanvullingen betreffen de categorie bruggen.

In toekomstige versies zullen aanvullingen voor de volgende categorieën worden opgenomen:
- Tunnels
- Natte kunstwerken
- Beweegbare bruggen
- Geluidsschermen
- Verkeerskundige draagconstructies

2.1.4. Leeswijzer

Per deel worden eventuele aanvullingen gegeven waarbij in een kader van twee cellen het volgende wordt vermeld:
- Cel 1:
  - **Artikelnumme**r: hierop is de eraan toegevoegde tekst van toepassing;
  - **(ROK)**: de toegevoegde tekst is van toepassing op een aanvulling in de ROK.
- Cel 2:
  - **Eis**: de tekst is een eis waar aan moet worden voldaan;
  - **Advies:** een handreiking die niet bindend wordt opgelegd;
  - **Toelichting**: betreft een toelichting op het artikel met als doel om te verduidelijken en mogelijk discussie/verwarring/veel voorkomende fouten (valkuilen) te voorkomen;
  - **Verificatie**: een methode om aan te tonen dat aan het artikel wordt voldaan;
  - **Onjuistheid**: Het artikel bevat een redactionele onjuistheid of een fout;
  - **(KW-categorie)**: wordt alleen vermeld wanneer het geldt voor een specifieke KW-categorie.

Toelichtingen, noten en opmerkingen zijn in cursief geschreven.

Voor aanvullingen in deze RBK die geen betrekking hebben op Eurocode delen of andere normen, is de genoemde cel-indeling niet gebruikt. Deze aanvullingen moeten als eisen zijn gelezen, tenzij uitdrukkelijk anders is aangegeven.

2.2. Eurocode 0 – Grondslagen van het constructief ontwerp

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB

6.4.1 (1P)	Eis (Betonnen Bruggen)

Bij constructies waarvan het statisch evenwicht kritisch is dient het statisch evenwicht (stabiliteit) te worden gecontroleerd (bijvoorbeeld bij puntvorming ondersteunde kokers).

De toets van het verlies van statisch evenwicht omvat het volgende:

1. Indien bij een belastingcombinatie EQU volgens formule 6.10 (tabel NB.11 - A2.4 (A)) bij opleggingen welke geen trekkracht kunnen opnemen een trekkracht ontstaat, dient gecontroleerd te worden of het statisch evenwicht nog gewaarborgd is bij afwezigheid van de betreffende opleggingen.
   Opmerking 1: Het is gebruikelijk om hiervoor de betreffende opleggingen uit de modellering te verwijderen.
   Opmerking 2: De sterkte van de constructie dient in alle gevallen te voldoen.
2. Er moet aangetoond worden dat in de bruikbaarheidsgrenstoestand onder de frequente belastingcombinatie (vergelijking 6.15a en 6.15b) alle opleggingen welke geen trek kunnen op nemen onder druk staan.

Voor tijdelijke situaties dient ook het statisch evenwicht gecontroleerd te worden. Indien hierbij niet aan de eisen wordt voldaan dient de daaruit volgende beperking van het gebruik in het beheerplan opgenomen te worden.

Opmerking: Een voorbeeld voor tijdelijke situaties is een onderhoudssituatie waarbij de helft van het rijdek belast wordt (excentrisch) en op de andere helft al de asfaltverharding verwijderd is. Dit is een ongunstige belastingsituatie voor het statisch evenwicht.

2.3. NEN 8700

Aanvullingen op NEN 8700.

	Eis

Artikelen welke betrekking hebben op verbouw(niveau) én afkeur(niveau) zijn ook voor gebruik(niveau) van toepassing.

Voorwoord	Eis

NEN 8700 is ook bedoeld voor de beoordeling of een constructie voldoende mate van duurzame veiligheid en bruikbaarheid heeft ten aanzien van het door Rijkswaterstaat privaat rechtelijk voorgeschreven en in de RBK vastgelegde beoordelingsniveau gebruik.

Voorwoord, inleiding	Eis

Een verandering van belasting zonder dat dit gepaard gaat met een bouwkundige ingreep aan het bouwwerk dient beoordeeld te worden op het niveau gebruik.

1.0 (3)	Toelichting

Toetsing aan het niveau gebruik is toetsing aan een zeker privaat gekozen prestatieniveau en dient te worden gelezen als "verificatie".

1.1 (2)	Eis

Toetsing aan het niveau gebruik betreft beoordeling volgens b).

1.5.1.0d	Eis

Gebruikniveau
Minimumniveau van constructieve veiligheid voor kunstwerken in gebruik in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen.

1.5.1.12	Eis

Onder reparaties wordt in de definitie verstaan: "Reparaties die noodzakelijk zijn vanuit het oogpunt van de constructieve veiligheid".

2.1 (1b)P	Eis

Indien een kunstwerk niet voldoet aan het gebruikniveau maar wel voldoet aan het afkeurniveau dienen binnen 1 jaar maatregelen te worden genomen.

Opmerking: Bij maatregelen zonder verbouw dient minimaal voldaan te worden aan het gebruikniveau. Bij verbouw dienen die delen welke worden verbouwd te voldoen aan de eisen voor verbouw.

2.3.1 (1a)	Eis

Voor de restlevensduur dient voor gebruik en verbouw een minimum van 30 jaar te worden aangehouden.

2.3.2 (1Aa)	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

2.4 (6)P	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

2.4 (7)P	Eis

Voor gebruik geldt dat de prestaties van de constructie gedurende de beoogde restlevensduur niet onder het bij de verificatie aangehouden niveau mogen komen, rekening houdend met haar omgevingsomstandigheden en het voorziene onderhoudsniveau.

3.1 (1)P	Eis

Er behoeft bij het beoordelen of een constructie voldoet aan gebruik uitsluitend te zijn beoordeeld op basis van uiterste grenstoestanden.

3.1 (4)	Eis

Bij verificatiesituaties voor de beoordeling of het gebruikniveau of afkeurniveau is onderschreden dient rekening gehouden te worden met de buitengewone belastingen volgens NEN 8701 art. 4.4.2 (1).

3.2 (2)P	Eis

Verificatiesituaties voor de beoordeling of het gebruikniveau of afkeurniveau is onderschreden moeten als volgt onderscheiden zijn:
- blijvende verificatiesituaties, die verwijzen naar de omstandigheden van normaal gebruik
- tijdelijke verificatiesituaties, die verwijzen naar tijdelijke omstandigheden die van toepassing zijn op de constructie, bijvoorbeeld tijdens ongevallen, herstel of onderhoud.
- buitengewone verificatiesituaties, die verwijzen naar uitzonderlijke omstandigheden die van toepassing zijn op de constructie of waaraan ze is blootgesteld, bijvoorbeeld aan brand, aanrijding.

3.4 (5)	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

3.5 (1)P	Eis

Artikel geldt ook voor verbruik.

Indien van invloed dienen de bouwwijze of bouwfasering bij de beoordeling in rekening te worden gebracht.

3.5 (5)	Eis

Gebruik van probabilistische methoden is zonder toestemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK niet toegestaan.

4.1.1 (1)P	Eis

Als buitengewone belastingen dienen bij verbouw, gebruik en afkeur ten minste de buitengewone belastingen die zijn aangehouden bij het ontwerp van het kunstwerk of (indien hoger) bij latere verbouwing of (indien hoger) zoals vastgelegd in de RBK aangehouden te worden.

4.1.2 (2A)P	Eis

De karakteristieke waarde van de blijvende belastingen worden in beginsel afgeleid van tekeningen. Bij tegenstrijdigheid van tekeningen geldt de volgorde revisie- uitvoering- besteks-tekeningen waarbij revisietekeningen bepalend zijn.

Door middel van inspectie dient te worden vastgesteld of geen wijzigingen aan de constructie zijn aangebracht welke van invloed zijn op de karakteristieke waarde van de blijvende belastingen Bij reden tot twijfel dient de karakteristieke waarde van de blijvende belastingen door middel van onderzoek te worden vastgesteld.

Wanneer kan worden verwacht dat de werkelijke waarde van de karakteristieke blijvende belastingen significant afwijkt van de, op basis van tekeningen bepaalde waarde dient de karakteristieke waarde van de blijvende belastingen door middel van onderzoek te worden vastgesteld. Dit is bijvoorbeeld het geval bij blijvende belasting door asfaltverharding.

Opmerking 1: Afhankelijk van het type constructie heeft een in situ gemaakte betonconstructies een verhoogde kans op significante afwijking van de karakteristieke waarde van de blijvende belasting door eigen gewicht. Bijvoorbeeld kokerbruggen.
Opmerking 2: Een afwijking is significante indien deze meer dan 5% bedraagt.

De karakteristieke waarde van de blijvende belasting kan bepaald worden door middel van weging van de constructie. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de meetnauwkeurigheid van de vijzels. De belastingfactor voor de blijvende belasting mag hierbij niet worden verlaagd.

Het volumiek gewicht dient bij lichtbeton bruggen altijd door middel van onderzoek aan de constructie te worden vastgesteld, tenzij er vanuit de bouw proefgegevens hieromtrent beschikbaar zijn.

4.1.2 (5A)	Eis

Voor de beoordeling of het gebruikniveau is onderschreden, moeten waar mogelijk de feitelijke zettingen zijn beschouwd en niet de rekenkundige. Bij beoordeling op gebruik met een belastingverhoging dient op basis van de feitelijke zettingen het effect van de bijkomende belastingen te worden beoordeeld.

4.1.2 (8)	Eis

Vervang de tweede alinea door:
Voor het beoordelen op gebruik of dat het afkeurniveau van een constructie is onderschreden, moet rekening gehouden worden met de buitengewone belasting ‘brand’ en de buitengewone belastingen zoals gegeven in 3.1 (4).

4.2 (10)P	Eis

Aanpassing van de partiële factor voor materialen of producten is niet toegestaan.

5 (1A)	Eis

Bij gebruik of afkeur dienen de buitengewone belastingen te zijn gehanteerd zoals die zijn aangehouden bij het ontwerp van het kunstwerk of (indien hoger) bij latere verbouwing of (indien hoger) zoals vastgelegd in de RBK.

6 (1A)	Eis

Bij gebruik of afkeur dienen de buitengewone belastingen te zijn gehanteerd zoals die zijn aangehouden bij het ontwerp van het kunstwerk of (indien hoger) bij latere verbouwing of (indien hoger) zoals vastgelegd in de RBK.

Bijlage A2.2.1 (18)	Eis

De tekst van bijlage A2.2.1 (18) dient als volgt gelezen te worden:
Bij de verificatieberekeningen aan bestaande constructies moeten de werkelijk opgetreden zettingen in de beschouwing zijn betrokken.

Bijlage A2.3.1 (2)	Eis

De tekst van bijlage A2.3.2 (2) dient als volgt gelezen te worden:
Voor buitengewone belastingscombinaties gelden bij verbouw, gebruik en afkeur de waarden die zijn aangehouden bij het ontwerp van het kunstwerk of (indien hoger) bij latere verbouwing of (indien hoger) zoals vastgelegd in de RBK.

Bijlage A2, Tabel A2.2 (B) en (C)	Eis

Voor de beoordeling dient voor de verschillende veiligheidsniveaus gebruik gemaakt te worden van de partiële belastingfactoren zoals gegeven in de volgende tabel.

Tabel 2.1: Aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 tabel 3.1 voor oude normen

		Blijvend 6.10 a	Blijvend 6.10 b	Verkeer	Wind	Overig veranderlijk
	β	$\gamma_{G_{j,sup}}$	$\xi\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Nieuwbouw[1]	4,3	1,40	1,25	1,50	1,65	1,65
Verbouw[2]	3,6	1,30	1,15	1,30	1,60	1,50
Gebruik[3]	3,3	1,25	1,15	1,25	1,50	1,30
Afkeur[4]	3,1	1,25	1,10	1,25	1,50	1,30

[1] De gegeven waarden komen overeen met CC3 in tabel NB.13 – A2.4(B) van NEN- EN 1990+A1+A1/C2:20011/NB:2011.
[2] De gegeven waarden komen overeen met Gevolgklasse 3 in tabel A2.2(B) van NEN8700 rekening houdend met de gegeven waarden tussen haakjes.
[3] De gegeven waarden komen overeen met Gevolgklasse 3 in tabel A2.2(C) van NEN8700 **geen** rekening houdend met de gegeven waarden tussen haakjes.
[4] De gegeven waarden komen overeen met Gevolgklasse 3 in tabel A2.2(C) van NEN8700 rekening houdend met de gegeven waarden tussen haakjes.

Tabel 2.1 geldt voor kunstwerken in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen waarvan de omgevingsvergunning is verleend vóór het Bouwbesluit 2012.
Voor kunstwerken waarvan de omgevingsvergunning is verleend volgens het Bouwbesluit 2012 geldt dat deze dienen te voldoen aan het nieuwbouwniveau.

Bijlage E	Eis

Bijlage E is niet van toepassing.

2.4. Eurocode 1 – Belastingen op constructies

2.4.1. Deel 1-1: Algemene belastingen -Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-1 + NB

5.2.3 (3) ROK	Eis (Betonnen Bruggen)

Voor de asfaltverharding dient uitgegaan te worden van de grootste waarde van:
a) Opbouw volgens de ROK.
b) Werkelijk aanwezige opbouw.
c) Gewenste opbouw.

Wanneer bij beoordeling van gebruik de opbouw volgens de ROK maatgevend is en niet kan worden voldaan aan de eisen van constructieve veiligheid dienen de werkelijk aanwezige opbouw en de gewenste opbouw te worden beschouwd.

Indien bij het werkelijk aanwezig asfaltverharding de constructie niet voldoet aan het afkeurniveau dient een variant te worden beschouw met de minimaal mogelijke asfaltverharding.

A.1 (ROK)	Eis

Het volumiek gewicht dient bij lichtbeton bruggen altijd door middel van onderzoek aan de constructie te worden vastgesteld, tenzij er vanuit de bouw proefgegevens hieromtrent beschikbaar zijn.

2.5. NEN 8701

Aanvullingen op NEN 8701

	Eis

Artikelen welke betrekking hebben op verbouw(niveau) én afkeur(niveau) zijn ook voor gebruik(niveau) voorgeschreven.

Voorwoord	Eis

Voor de voorgeschreven toetsingen op gebruik gelden de in NEN 8701 gegeven belastingen.

2 (3)	Eis

Bij beoordeling op gebruik dient uitgegaan te worden van een verificatie.

2 (6)	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

3.2.2 (1)	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

3.2.2 (3)	Eis

OPMERKING 3: Indien bij het bouwen van het bouwwerk in het verleden is uitgegaan van bepaalde belastingen, zoals bijzondere belastingen (thans aangeduid als buitengewone belastingen), dan moet bij toetsing op afkeurniveau of gebruik ook ten minste van die belastingen zijn uitgegaan.

4.1 (3)	Eis

Aanpassen van partiële factoren anders dan gegeven in NEN8700 Bijlage A1 en A2 en de RBK is voor bruggen van Rijkswaterstaat niet toegestaan.

4.1 (5)	Eis

Reductie van belastingen, anders dan verkeersbelastingen, tot het werkelijk of voorgenomen gebruik mogen alleen worden toegepast na toestemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK.

4.2.1(1)	Eis

Indien van invloed dienen de bouwwijze en bouwfasering in rekening te worden gebracht bij de bepaling van de effecten van de blijvende belasting.

4.3.4	Eis

Aanpassen van drukcoëfficiënten is niet toegestaan.

4.4.1 (1)	Eis

Vervang de 2e alinea door:
In die gevallen is het toegelaten om bij een beoordeling of een constructie moet worden afgekeurd of bij een beoordeling tegen het niveau gebruik, alleen rekening te houden met de oorspronkelijk in rekening gebrachte buitengewone belastingen en de in 4.4.2 (1) gegeven buitengewone belasting door wegvoertuigen op de ondersteunende onderbouw.

4.4.2 (2)	Eis

Voor de buitengewone belasting door wegvoertuigen op de ondersteunende onderbouw dient minimaal 75% van de rekenwaarde volgens 4.3.1 van NEN-EN 1991-1-7 in rekening te worden gebracht. Indien de constructie hier niet aan voldoet, moet de constructie versterkt worden tot 100%.

Opmerking 1: Volgens de aanvullende eis in de ROK op 4.3.1 (1) van NEN-EN 1991-1-7 kan worden aangenomen dat een voertuigkering met een prestatieklasse H4a of hoger in staat is de stootbelasting door wegverkeer geheel te voorkomen.

Opmerking 2: Indien in het oorspronkelijke ontwerp een hogere buitengewone belasting in rekening is gebracht dient conform art. 4.4.1. (1) ook hieraan voldaan te worden. Hierbij kan het ook gaan om belasting tegen de bovenbouw. Bij versterking van de onderbouw zal niet hoger gegaan hoeven te worden dan 100% van de buitengewone belasting volgend uit NEN-EN 1991-1-7.

5.1.1 (2)	Eis

Artikel geldt ook voor gebruik.

5.1.5 (1)	Eis

De verkeersbelasting (q_{ik} en Q_{ik}) dient in dwarsrichting op de meest ongunstige positie aangenomen te worden.

Bij de verificatie van het hoofddraagsysteem mogen, indien de krachtswerking niet significant wordt beïnvloed door de positie van de verkeersbelasting, q_{ik} en Q_{ik} in het hart van de rijstrook worden genomen.

Opmerking: Bij bijvoorbeeld een brug met liggers of troggen is de positie onder andere afhankelijk van de positie van de liggers of troggen ten opzichte van de werkelijke rijstroken.

Voor de bepaling van de correctiefactoren α_Q en α_q dient uitgegaan te worden van de ROK aanvulling voor NEN-EN 1991-2 art. 4.3.2 (3).

Bij verbouw is toepassing van de werkelijke rijstrook indeling in plaats van de fictieve rijstroken alleen toegestaan na toestemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK.

Opmerking: Bij verbouw dient ernaar te worden gestreefd om het gebruik van de constructie toekomstvast te maken, hiervoor dient het ontwerp gebaseerd te zijn op de fictieve rijstrookindeling.

5.1.5 (4)	Eis

Zonder toestemming van de wegbeheerder is het invoeren van een lastbeperking door bebording niet toegestaan.

5.1.6 (1)	Eis

(2) Voor het asymmetrisch over de breedte verwijderen van de asfaltverharding dient de stabiliteit van het rijdek te worden gecontroleerd.

Toelichting: Dit betreft bijvoorbeeld constructies met enkele kolommen als tussensteunpunt.

Bijlage B	Eis

Zonder toestemming van de wegbeheerder is het invoeren van een lastbeperking door bebording niet toegestaan.

2.6. Eurocode 2: Ontwerp en berekening betonconstructies

2.6.1. Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

Aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 + NB

1.1.1 (3)P	Eis

Daar waar in NEN-EN 1992-1-1 verwezen wordt naar NEN-EN 1990 dient gelezen te worden NEN-EN 1990 en NEN 8700.

Daar waar in NEN-EN 1992-1-1 verwezen wordt naar NEN-EN 1991 dient gelezen te worden NEN-EN 1991 en NEN 8701.

1.1.2 (4) P	Eis

Voor bestaande bouw is NEN-EN 1992-1-1 inclusief de RBK ook van toepassing voor glad betonstaal.

2.3.2.1	Toelichting

Toelichting: De volgens NEN 8700 art. 4.2 Opmerking 3 aangegeven vertalingen van veel toegepaste oude materialen naar representatieve waarden voor toepassing in deze norm zijn (deels) gegeven in de RBK aanvulling op art. 3.1.2, 3.2.2 en 3.3.2.

2.3.3	Eis

(4) Voor bestaande constructies dient voldaan te worden aan art. 3.5 (1)A van NEN 8700.

2.4.2.4 (3)	Eis

Zonder toestemming van de contractmanager en de beheercommissie RBK mogen geen lagere waarden van γ_s en γ_c zijn gebruikt.

2.6	Eis

Voor bestaande constructies dient voldaan te worden aan art. 3.5 en art. 4.1.2 (5A) van NEN 8700.

2.7 (1) ROK	Eis

Materiaalsterkte
- Indien de betonsterkteklasse van de mortel en/of het omhullende beton niet bekend is dient te worden uitgegaan van een sterkteklasse C25/30.
- Indien de materiaalkwaliteit van het anker niet bekend is dient uitgegaan te worden van staalsoort S235 volgens EN 10025-2 (en).

Op normaalkracht belaste ingelijmde wapeningsstaven.
Conform de ROK dienen gelijmde wapeningsstaven in geboorde gaten die dienen als verankering of overlappingslas, getoetst te worden conform Technical Report 23 van EOTA. Hierbij dient ervan uitgegaan te worden dat voldaan is aan de hierin gestelde eisen om toetsing volgens NEN-EN 1992-1-1 mogelijk te maken (dat wil zeggen sterkte lijmverbinding dusdanig dat f_{bd} uit NEN-EN 1992-1-1 aangehouden mag worden).
Zonder nadere onderbouwing dient voor de toetsing uitgegaan te worden van gescheurd beton met bijbehorende aanvullende eisen zoals geformuleerd in art. 4.2 van Technical Report 23 .

Toelaatbare spanning bij onvoldoende (lijm)verankeringslengte l_{bd}
Bij niet voldoen aan de gestelde eisen voor de (lijm)verankeringslengte l_{bd} dient de toelaatbare spanning in de verbinding als volgt gereduceerd te worden:

$$\sigma_{sd,red} = \frac{l_{bd,a}}{l_{bd}} \times \sigma_{sd} \leq \sigma_{sd}$$

waarin:
$\sigma_{sd,red}$ toelaatbare rekenwaarde van de spanning in de staaf van waaruit de verankering is ingemeten
$l_{bd,a}$ aanwezige (lijm)verankeringslengte
l_{bd} vereiste (lijm)verankeringslengte voor σ_{sd}
σ_{sd} rekenwaarde van de spanning in de staaf in het punt van waaruit de verankering is ingemeten

Beoordeling van koppelingen van constructiedelen (dekken) in langsrichting.
Indien een (lijm)verankering toegepast is om twee brugdelen met elkaar te koppelen (bijvoorbeeld bij oude verbreding van een kunstwerk) dient de beoordeling als volgt te geschieden:
- 1 Verankeringsgegevens bekend
  De toelaatbare spanningen in de verbinding dienen conform ROK en bovenstaande reductieregel bepaald te worden.
- 2 Verankeringsgegevens niet bekend
  In de modellering van de constructie dient ter plaatse van de verbinding uitgegaan te worden van gescheurde doorsnede eigenschappen.

Toetsing draagkracht overige bevestigingsmiddelen in beton
Indien een bevestigingsmiddel (bijvoorbeeld een lijmverankering) toegepast is dient de beoordeling als volgt te geschieden:
1. Verankeringsgegevens bekend.
   De toelaatbare spanningen in de verbinding dienen conform ROK bepaald te worden. Vanuit de gegeven verankeringslengte h_{ef} en de overige parameters (randafstanden e.d.) dient de op de ankers toelaatbare belasting bepaald te worden. Indien de voorziene belasting hoger is dan de rekenkundig bepaalde toelaatbare belasting dienen maatregelen genomen te worden om de optredende belasting te beperken of de opneembare belasting te verhogen (ankers bij plaatsen).

2. Verankeringsgegevens niet bekend
   Indien de representatieve belasting op de ankers gelijk blijft en er geen zichtbare schade aanwezig is mag worden aangenomen dat de verankering voldoet.
   Indien hogere representatieve waarden van de belasting op de verankering voorzien zijn dient de sterkte door middel van toetsing en of onderzoek aangetoond te worden.

3	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 en/of de ROK zijn **niet** van toepassing.
3.1 (ROK)
3.1.2 (6)
3.1.2 (9)
3.3.1 (7)
3.3.1 (9) P
3.3.1 (10) P
3.3.1. (11) P
3.3.2 (3) P

3.1.2 (4) NB	Toelichting

Indien de betonsterkte wordt bepaald op basis van beproeving in een gerede constructie moet voor k_t =0,85 worden genomen.

3.1.2 (10)	Eis

(10) Bepaling van de rekenwaarden voor bestaande constructies zonder materiaalonderzoek

Zonder onderzoek aan de constructie kan voor de berekening uitgegaan worden van de volgende twee methoden:

1. Kubusdruksterkte op basis van de ontwerpwaarde
Indien vanuit de beschikbare gegevens niet achterhaald kan worden volgens welke betonkwaliteit een constructie ontworpen is dient de laagste kubusdruksterkte volgende uit de oorspronkelijke ontwerpnorm aangehouden te worden.

Tabel 2.2: Aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 tabel 3.1 voor oude normen.

Orm	Kwaliteit	f_{ck} [N/mm^2]	Norm	Kwaliteit	f_{ck} [N/mm^2]
GBV 1930		8	VB 74+VB 74/84[5]	B 12,5	10
GBV 1940	K 150[1]	8		B 17,5	14
	K 200[1]	11		B 22,5	18
	K 250[1]	13,5		B 30	25
GBV 1950	K 150[1]	8		B 37,5	30
	K 200[1]	11		B 45	35
	K 250[1]	13,5		B 52,5	47,5
GBV 1962	K 160	9		B60	50
	K 225	13	VBC	B15[4]	12
	K 300	19		B25[4]	20
	K 400	28		B35[4]	28
	K 450	32		B45[4]	35
RVB 1962 + 1967	K 500[3]	33		B55[4]	45

	K 600[3]	40		B65[4]	53

[1] De aanduiding met K-waarden was nog niet ingevoerd. Het beton werd onderscheiden in één betonklasse zonder bouwcontrole en twee betonklassen bij toepassing van bouwcontrole waarbij de toegelaten spanning afhankelijk waren van de gemeten kubusdruksterkte.
Indien we de indeling maken gelijk aan de GBV 1962 dan is er sprake van de volgende betonkwaliteiten:
- K 150 met een kubusdruksterkte van ten minste 150 kgf/cm^2 (1,5 kN/cm^2) (geen bouwcontrole)
- K 200 met een kubusdruksterkte van ten minste 200 kgf/cm^2 (2,0 kN/cm^2) (bouwcontrole)
- K 250 met een kubusdruksterkte van ten minste 250 kgf/cm^2 (2,5 kN/cm^2) (bouwcontrole)

[2] De gegeven waarde voor de sterkteklasse betreft de vanuit de ontwerpgegevens herleidde waarde. Zoals aangegeven in de aanvulling op art. 3.1.2 (102) P van NEN-EN 1992-2 mag door doorgaande hydratatie voor herberekeningen uitgegaan worden van een minimale waarde gelijk aan C18/22.

[3] K500 en K600 kwamen niet als zodanig voor in de RVB 62 / 67 maar zijn bij meerdere bruggen wel toegepast.

[4] Hier vermelde aanduiding van de betonsterkteklasse betreft de aanduiding zoals toegepast in VBC tot het van kracht worden van wijzigingsblad A3. Bij toepassing van wijzigingsblad A3 of nieuwer is de betonsterkteklasse aanduiding gelijk aan de aanduiding in NEN-EN 1992-1-1.

[5] Mogelijk zijn bij de toepassing van VB 74/84 al betonsterkteklassen aangegeven met B15- t/m B65 zoals later bij de VBC gehanteerd. De voor de VBC gehanteerde sterkteklassen conform NEN-EN 1992-1-1 zijn dan van toepassing.

2. Kubusdruksterkte op basis van metingen aan andere constructies
Indien de constructie geen zichtbare verschijnselen vertoont, zoals vermeld in art. 3.5 van NEN 8700, en er geen directe reden is om te twijfelen aan de toestand van de betonconstructie (en deze gemaakt is van normaal beton) mag voor onderstaande typen bruggen van Rijkswaterstaat gesticht voor 1976 voor de berekening gebruik gemaakt worden van de volgende betonsterkteklassen:

- C35/45 voor platen, dozen, tunnels, kokers, T-liggers, tussenstorts;
- C25/30 (nagenoeg) horizontaal gelegen platen met een dikte kleiner dan 250 mm;
- C55/67 voor geprefabriceerde liggers.

Deze waarden dienen te worden beschouwd als betonsterkte bepaald op een ouderdom t > 28 dagen met bijbehorende waarde voor k_t.

Toelichting: k_t = 0,85

Indien aantoonbaar bij het ontwerp uit is gegaan van een hogere betonsterkteklasse mag deze voor de berekening worden aangehouden.

Noot: Voor bruggen met stichtingsjaar na 1975 is door middel van onderzoek nog niet vastgesteld welke sterkteklasse minimaal aangehouden mag worden. Bij onbekend zijn van de sterkteklasse dient deze zodoende door middel van onderzoek aan de constructie vastgesteld te worden.

3.1.2 (11)	Eis

(11) Bepaling van de rekenwaarden voor bestaande constructies uit materiaalonderzoek

Inleiding
Als de kubusdruksterkte onvoldoende is moet door middel van materiaalonderzoek de sterkte bepaald worden. Hierbij moeten voor grindbeton minimaal zes proeven ter bepaling van de druksterkte en drie ter bepaling van de splijttreksterkte uitgevoerd worden. Als delen van een kunstwerk in verschillende bouwcontracten zijn gerealiseerd, dient het materiaalonderzoek ook per contract uitgevoerd te worden.

Noot: Er dienen voldoende proefstukken uit de constructie te worden genomen om aan de minimale aantallen proeven te kunnen voldoen.

De proefstukken voor druk respectievelijk splijttrek moeten steeds uit afzonderlijke boorkernen genomen worden. Uit één boorkern mogen wel een splijttrek en een drukproef gehaald worden maar bijvoorbeeld niet twee drukproeven.

Bij meer dan drie overspanningen is overleg met de contractmanager nodig om te bepalen of er meer proefnemingen nodig zijn dan de voorgeschreven zes druk- en drie splijttrekproeven. Deze laat zich hiervoor adviseren door hierin deskundig adviseur van Rijkswaterstaat.

De monsterneming dient te geschieden volgens NEN-EN 12504-1 (en)

Druksterkte
Beproeving van de proefstukken dient te geschieden conform NEN-EN 12390-3: 2009 (en).
Voor de beproeving dient bij voorkeur gebruik gemaakt te worden van monsters met een lengte-diameter verhouding van 1 en een diameter van 100mm.

Toelichting: Meetwaarden van beproefde cilinders met een diameter van 100mm en een lengte diameter verhouding van 1:1 zijn gelijkwaardig aan meetwaarden op kubussen met ribben van 150mm. Kleinere diameters worden afgeraden daar de minimale diameter groter of gelijk aan driemaal de grootste korreldiameter dient te zijn.

Voor afwijkende lengte-diameter verhoudingen dient de meetwaarde vermenigvuldigd te worden met de correctiefactor zoals gegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Correctiefactor voor afwijkende hoogte-diameter verhouding van cilindrische proefstukken

h/d	Correctiefactor
1,5	1,10
1,25	1,06
1,00	1,00
0,90	0,96
0,80	0,91
0,70	0,85

Om voldoende nauwkeurige resultaten te krijgen dienen testresultaten van minimaal zes boorkernen beschikbaar te zijn.

Uitgaande van een lognormale verdeling voor de betondruksterkte volgt de karakteristieke waarde van de betondruksterkte uit de kleinste waarde van :

Methode A: $$f_{ck,cube} = \exp\left\{f_{cm,cube}\ (Y)\right\}\ \exp\left\{-1{,}64\ \ s_{min}\ (Y)\ \sqrt{1+\frac{1}{n}}\right\}$$

Methode B: $$f_{ck,cube} = \exp\left\{f_{cm,cube}\ (Y)\right\}\ \exp\left\{-t_{n-1}\ (p=0{,}05)\ \ s\ (Y)\ \sqrt{1+\frac{1}{n}}\right\}$$

Waarin:

n	het aantal op druksterkte beproefde boorkernen
$f_{cm,cube}\ (Y)$	het gemiddelde van de natuurlijke logaritmes van de gemeten kubusdruksterkten
$s(Y)$	de standaardafwijking van de natuurlijke logaritmes van de gemeten kubusdruksterkten
$t_{n-1}\ (p=0{,}05)$	de waarde van t_{n-1} volgens de student-t verdeling (zie Tabel 2.4)

$$s_{min}\ (Y) = \sqrt{\ln\left(1+\left(\frac{s_{min}}{f_{cm,cube}}\right)^2\right)}$$

$f_{cm,cube}$	het gemiddelde van de gemeten kubusdruksterkten
s_{min}	de minimale waarde voor de standaardafwijking (zie tabel 2.4)

Tabel 2.4: Waarden voor de student-t verdeling (waarin v het aantal vrijheidsgraden is en p de onderschrijdingskans)

v = n-1	*p=0.05*
v = 1	6.31
2	2.92
3	2.35
4	2.13
5	2.02
6	1.94
7	1.89

v = n-1	*p=0.05*
v = 8	1.86
9	1.83
10	1.81
20	1.72
30	1.70
∞	1.64

Tabel 2.5: Minimale waarde voor de standaardafwijking per constructietype (s_{min} in N/mm^2)

Constructietype	***s_{min}***
Platen, dozen, tunnels, kokers en tussenstorts	10
T-liggers	12
Geprefabriceerde liggers	8

Uit de karakteristieke kubusdruksterkte $f_{ck,cube}$ dient de karakteristieke cilinderdruksterkte f_{ck} als volgt te worden bepaald: $f_{ck} = 0{,}82 * f_{ck,cube}$

Bepaling van f_{ck} door lineaire interpolatie in tabel 3.1 van NEN-EN 1992-1-1 is ook toegestaan.

Voor constructies gemaakt uit grindbeton geldt in principe dezelfde relatie tussen de treksterkte en de druksterkte als volgens NEN-EN 1992-1-1.

Voor normaal grindbeton dient de treksterkte afgeleid te worden uit de druksterkte tenzij de gemiddelde gemeten splijttreksterkte te veel afwijkt van de verwachtingswaarde (zie vervolg).

Controle Splijttreksterkte
De controle van de treksterkte dient te geschieden door middel van de splijttreksterkte. Beproeving van de proefstukken dient te geschieden conform NEN-EN 12390-6 2009 (en).
Indien niet anders voorgeschreven dienen testresultaten van minimaal 3 boorkernen beschikbaar te zijn.

De waarden van de gemeten splijttreksterkte dienen beoordeeld worden ten opzichte van de verwachtingswaarde op basis van de gemeten druksterkte:

$$f_{ctm,sp,berekend} = \frac{0,3}{0,9} \left\{0,82 \left(f_{cm,cube} - 8\right)\right\}^{2/3} \quad \text{bij} \leq \text{C50/60 (MPa)}$$

$$f_{ctm,sp,berekend} = \frac{2,12}{0,9} \ln\left\{1 + \frac{0,82 \, f_{cm,cube}}{10}\right\} \quad \text{bij} > \text{C50/60 (MPa)}$$

Indien de gemiddelde gemeten splijttreksterkte minder bedraagt dan 75% van de verwachtingswaarde op basis van de gemeten druksterkte dient de constructie te worden geïnspecteerd. Bij bijzonderheden dienen de consequenties hiervan bepaald te worden en naar bevind van zaken te worden gehandeld. Tenminste dienen zes extra splijttrekproeven te worden uitgevoerd ter verificatie van de gevonden lage splijttreksterkte.

3.1.4 (7)	Eis

Voor bestaande constructies dient bij bepalen van optredende voorspanverliezen te worden uitgegaan van verliezen zoals deze ten tijde van de bouw in rekening zijn gebracht.

Toelichting: Nadere informatie over de ten tijde van de bouw in rekening gebrachte verliezen is gegeven in paragraaf 3.3 en bijlage B1.

3.1.6	Toelichting

Toelichting: Zie ook artikel 3.1.2. (4) voor de eventueel toe te passen factor k_t.

3.2.1 (3) P	Eis

Voor betonstaal in bestaande bouw mag worden aangenomen dat voldaan wordt aan de eisen uit 3.2.2 tot en met 3.2.6 en met bijlage C indien de staalsoort is opgenomen in Tabel 2.6 zoals gegeven in 3.2.2. (7).

Voor overige staalsoorten dient door middel van onderzoek te worden bepaald of voldaan wordt aan de eisen uit 3.2.2 tot en met 3.2.6. Uit de proeven dient minimaal bepaald te worden welke vloeigrens van betonstaal (f_{yk} +*of* $f_{0,2k}$) en welke ductiliteitseigenschappen conform tabel C1 van NEN-EN 1992-1-1 mogen worden aangehouden.

3.2.1 (4) P	Eis

Betonstaal in bestaande bouw behoeft niet te voldoen aan de eisen uit NEN-EN 10080. Wel dient te worden voldaan aan de eisen zoals gedefinieerd in 3.2.1 (3) P inclusief de aanvulling in deze RBK.

3.2.2 (2)	Eis

De Eurocode inclusief deze RBK is ook van toepassing op glad betonstaal.

3.2.2 (3)	Eis

De Eurocode inclusief deze RBK is van toepassing tot een bereik van de gespecificeerde vloeigrens van f_{yk} = 220 tot en met 600 N/mm^2.

3.2.2 (7)	Eis

(7) Bepaling van de rekenwaarden voor bestaande constructies zonder materiaalonderzoek

Voor f_{yd} behoeft voor constructies met een bouwjaar voor 1964 nooit een lagere waarde dan 191 N/mm^2 in rekening gebracht te worden.
Voor constructies met bouwjaar 1964 of later hoeft geen lagere waarde dan 209 N/mm^2 in rekening gebracht te worden.

Zonder onderzoek aan de constructie dient voor de berekening uitgegaan te worden van de materiaalsterkte zoals die bij het ontwerp is aangehouden. Voor de uit de oude betonnormen bekende oude staalsoorten zijn in Tabel 2.6 de belangrijkste materiaalparameters aangegeven.
Indien vanuit de beschikbare gegevens niet achterhaald kan worden welke betonstaalsoort in de constructie is toegepast dient de laagste betonstaalsoort volgende uit de oorspronkelijke ontwerpnorm aangehouden te worden.

Tabel 2.6: Overzicht oude betonstaalsoorten voor toepassing met NEN-EN 1992-1-1

Oude norm		NEN-EN 1992-1-1		
	Betonstaalsoort	f_{yk} [N/mm^2]	f_{yd} [N/mm^2]	Ductiliteitsklasse NEN-EN 1992-1-1
GBV 1930	1. B	220	191	B
GBV 1940	HK	-	191	B
	St. 37	220	191	B
	L. St. 52	340-360	**270**[1]	B
	Speciaal staal s_y 36	360	**270**[1]	B
	Speciaal staal s_y 48	480	**315**[1]	B

GBV 1950	QR22	220	191	B
	QR24	240	209	B
	QR30	300	**240[1]**	B
	QR36	360	**270[1]**	B
	QR42	420	**300[1]**	B
	QRn36	360	**270[1]**	A[2]
	QRn42	420	**300[1]**	A[2]
	QRn48	480	**330[1]**	A[2]
	QRn54	540	**360[1]**	A[2]
GBV 1962	QR22	220	191	B
	QR24	240	209	B
	QR32	320	**270[1]**	B
	QR40	400	**330[1]**	B
	QR48	480	**390[1]**	B
	QRn32	320	**270[1]**	A[2]
	QRn40	400	**330[1]**	A[2]
	QRn48	480	**390[1]**	A[2]
VB 74 VB 74/84	FeB 220HW	220	191	B
	FeB 400 HW, HWL	400	348	B
	FeB 500 HW	500	435	B
	FeB 400 HK	400	348	B
	FeB 500 HK	500	435	B
	FeB 500 HKN, HWN	500	435	A
NEN 6720 (VBC)	**Staven**			
	FeB 220 HWL	220	191	B
	FeB 400 HWL, HK	400	348	B
	FeB 500 HWL, HK	500	435	B
	FeB 500 HKN	500	435	A
	Wapeningsnetten			
	FeB 500 HKN, HWN	500	435	A

[1] Let op, op basis van de in de oorspronkelijke norm toegelaten spanningen is een lagere waarde voor f_{yd} herleid dan welke volgt uit art. 3.2.7 (2) op basis van de hier gegeven waarde van f_{yk}.

[2] Op basis van de oorspronkelijke eisen is de staalsoort ingedeeld in ductiliteitsklasse A. Al naar gelang van de gekozen productiewijze is het mogelijk dat het betonstaal ook voldoet aan de eisen voor ductiliteitsklasse B. Dit dient dan echter door onderzoek aan de constructie aangetoond te worden. Voor zover bekend zijn deze staalsoorten in bruggen van Rijkswaterstaat niet toegepast

Noot: Voor de in Tabel 2.6 gegeven betonstaalsoorten is de in art. 3.2.7 (2) gegeven verhouding tussen f_{yd} en f_{yk} niet altijd van toepassing. Voor de bepaling van f_{yd} dient daarom uitgaan te worden van de waarde uit Tabel 2.6.

3.2.2 (8)	Eis

(8) Bepaling van de mechanische eigenschappen van betonstaal door materiaalonderzoek aan monsters uit de constructie

Voor de bepaling van de aanwezige mechanische eigenschappen van het in een constructie toegepaste betonstaal dient gebruik gemaakt te worden van aan de constructie ontnomen proefstukken.

Per staafdiameter waarvan de sterkte bepaald dient te worden, dient ten minste het hier omschreven onderzoek uitgevoerd te worden.

De bepaling van de mechanische eigenschappen dient te geschieden conform NEN-EN 15360-1:2010.
In de regel zullen de volgende eigenschappen in het onderzoek moeten worden bepaald: vloeigrens/vloeispanning, treksterkte, rek bij maximale belasting, rek bij breuk en elasticiteitsmodulus.

De resultaten van materiaalonderzoek aan betonstaal kunnen op twee manieren worden toegepast, namelijk:

1. Indeling van het betonstaal in oorspronkelijke betonstaalsoorten
2. Bepaling van de vloeigrens (f_{yk} of $f_{0,2k}$) voor het betonstaal uit proefresultaten

Onderstaand zijn beide mogelijkheden verder uitgewerkt.

Indeling van proefstukken in gegeven betonstaalsoorten
Om het onderzochte betonstaal te kunnen indelen in een van de normatieve betonstaalsoorten uit Tabel 2.6 zijn minimaal drie representatieve proefstukken benodigd.

Op basis van de resultaten van de mechanische beproeving is het staal in te delen in één van de tijdens de bouw gebruikelijke betonstaalsoorten.
Voor de berekening dient dan uitgegaan te worden van de waarden van f_{yk} en f_{yd} zoals die in Tabel 2.6 gegeven zijn.

Bepaling van rekenwaarde uit proefresultaten
Als men een hogere vloeigrens f_{yk} of $f_{0,2k}$ in rekening wil brengen dan gegeven is in Tabel 2.6 dient dit voldoende statistisch onderbouwd te zijn. Hiertoe dienen per uit te voeren steekproef minimaal vijf betonstaalmonsters onderzocht te worden. De karakteristieke ondergrens (5% fraktiel) dient bepaald te worden volgens de methoden uit Bijlage D van NEN-EN 1990.

De rekenwaarde dient bepaald te worden conform de regels in art. 3.2.7 van NEN-EN 1992-1-1.

Voor de ductiliteitseigenschappen dient voldaan te worden aan de eisen zoals gesteld in NEN-EN 1992-1-1 bijlage C.

Noot: In het algemeen zal per betonstaaldiameter een steekproef genomen dienen te worden. De productiewijze van betonstaal maakt namelijk dat, al dan niet vanuit hetzelfde moedermateriaal, per diameter de sterkte-eigenschappen kunnen verschillen. In kleine constructies zal staal van een gelijke diameter vaak van een gelijke levering afkomstig zijn. In dergelijke gevallen kan per diameter volstaan worden met een steekproef van drie monsters per diameter. Bij grotere constructies dient vastgesteld te worden of het staal in de gehele constructie van een gelijke

kwaliteit is. Per staafdiameter kan in dan nodig zijn om meer dan drie betonstaalmonsters te onderzoeken.

Oppervlakte eigenschappen betonstaal
De conditie van het tijdens een onderzoek zichtbaar geworden betonstaal dient te worden vastgelegd. Indien nodig dient effect van aantasting (corrosie, kerfjes etc.) meegenomen te worden in de berekening (verlaging van aanhechtsterkte, treksterkte en vermoeiingssterkte).

3.2.5 (5)	Eis

(5) Indien bekend is dat in bestaande bouw wapeningsstaven door lassen zijn gekoppeld dient, indien geen nader onderzoek aan de constructie wordt uitgevoerd, uitgegaan te worden van een ondergrens voor f_{yk} van 220 MPa.

3.2.5 (6)	Eis

Indien aan in de constructie aanwezig betonstaal gelast dient te worden moet de geschiktheid van het toegepaste betonstaal aangetoond worden.

Toelichting: Indien een deel van het betonstaal zichtbaar is kan aan de hand van de aanwezige profilering op het oppervlak mogelijk het toegepaste type achterhaald worden.

3.2.7 (2)	Eis

Voor oude betonstaalsoorten dient uitgegaan te worden van een horizontale tweede tak.

3.3.1 (2)	Eis

Van enkele in het verleden toegepaste voorspanstaalsoorten is bekend dat deze een verhoogde gevoeligheid voor waterstofverbrossing bezitten.

Voorspansystemen waarin deze staalsoorten veel toegepast werden zijn systeem Polensky en Zöllner en het KA-systeem van Philip Holzmann A.G. Voor een nadere toelichting over deze en andere voorspansystemen waarin het betreffende voorspanstaal toegepast werd wordt verwezen naar bijlage B3. In prefabliggers kunnen de draden ook toegepast zijn als voorgerekt voorspanstaal.

Indien een van de in bijlage B3 aangegeven staalsoorten wordt aangetroffen dient door middel van een uitgebreid onderzoek nagegaan te worden of er geen schade aanwezig is. Tevens mag de feitelijke belasting op de constructie niet verhoogd worden.

Indien een verhoging van de feitelijke belasting nodig is dienen maatregelen getroffen te worden om een spanningsverhoging in het voorspanstaal te voorkomen.

Een voorbeeld voor de aanpak van het uit te voeren onderzoek is gegeven in TNO Bouw rapport 2000-BT-R0063/01, "Evaluatie van een pilot-onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van een voorgespannen betonnen viaduct', d.d. 1 april 2000.

3.3.1 (4)	Advies

Voor bestaande bouw mag voor de gebruikelijke systemen, behoudens de in de aanvulling op 3.3.1. (2) genoemde voorspansystemen, worden aangenomen dat voldaan wordt aan de gestelde eisen.

3.3.1 (6)	Toelichting

Voor in het verleden veel toegepaste staalsoorten, die mogelijk niet in overeenstemming zijn met NEN-EN 10138 (en), zijn de eigenschappen gegeven in 3.3.2. (10).

3.3.2 (1) P	Eis

Conform NEN8700 art. 4.2 mogen de eigenschappen worden ontleend aan de destijds tijdens de bouw geldende voorschriften.

Toelichting: Onder 3.3.2. (10) zijn de eigenschappen voor de meest toegepaste staalsoorten gegeven.

3.3.2 (4) P	Eis

De gegeven relaxatieklassen zijn van toepassing op voorspanstaal welke geleverd wordt onder de voorwaarden van NEN-EN 1992-1-1. Voor bestaande bouw mag, zonder nadere onderbouwing, geen gebruik gemaakt worden van deze klassen.

3.3.2 (7)	Eis

Voor oude voorspanstaalsoorten dient het relaxatieverlies bepaald te worden conform de voorschriften die golden ten tijde van het ontwerp.

Toelichting: De samenstelling en productiewijze van voorspanstaal is in de loop der tijd gewijzigd, de relaxatie eigenschappen daarmee ook. In bijlage B1 is informatie over de oude berekeningsmethoden opgenomen.

3.3.2 (10)	Eis

(10) Bepaling van de rekenwaarden voor bestaande constructies zonder materiaalonderzoek

Zonder onderzoek aan de constructie dient voor de berekening te worden uitgegaan van de materiaalsterkte zoals die bij het ontwerp is aangehouden.
Voor de uit de oude betonnormen bekende veel toegepaste voorspanstaalsoorten zijn in Tabel 2.7 de belangrijkste materiaalparameters gegeven.

Indien vanuit de beschikbare gegevens niet achterhaald kan worden welke voorspanning (voorspanstaalsoort/voorspansysteem/kabeltype etc.) in de constructie is toegepast dient dit door middel van onderzoek te worden vastgesteld.

Tabel 2.7 Materiaalparameters als aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 art. 3.3.2 (draden en strengen)

Oude norm		NEN-EN 1992-1-1						
	Staalkwaliteit	f_{pk}	f_{pk}/γ_s	$f_{p0,1k}$	f_{pd}	ε_{uk}	Toelaatbare aanvangs-spanning[1]	Toelaatbare werkvoor-spanning[2]
		[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[N/mm^2]	[%]	[N/mm^2]	[N/mm^2]
RVB 1962 / RVB 1967	QP 90	883	803	638	580	3.5	574	486
	QP105	1030	936	785	713	3.5	670	567
	QP 130	1275	1159	1030	936	3.5	829	701
	QP 140	1374	1249	1128	1026	3.5	893	755
	QP 150	1470	1338	1226	1115	3.5	956	809
	QP 160	1570	1427	1324	1204	3.5	1020	863
	QP 170	1670	1516	1422	1293	3.5	1084	917
	QP 180	1770	1605	1521	1382	3.5	1148	971
	QP 190	1864	1694	1619	1742	3.5	1212	1025
	QP 200	1962	1784	1717	1561	3.5	1275	1079
VB74	FeP 1670	1670	1518	1440	1309	3,5	1254	1087
	FeP 1770	1770	1609	1520	1382	3,5	1328	1151
	FeP 1860	1860	1690	1600	1455	3,5	1394	1208
NEN6720	FeP 1670	1670	1518	1440	1309	3,5	1216	-
	FeP 1770	1770	1609	1520	1382	3,5	1288	-
	FeP 1860	1860	1690	1600	1455	3,5	1352	-

[1] De gegeven toelaatbare aanvangsspanning is de spanning zoals die volgens de bij het ontwerp geldende norm toegestaan was. Dit is de waarde waarop destijds vermoedelijk is ontworpen/voorgespannen.

[2] De gegeven toelaatbare werkvoorspanning is de spanning zoals die volgens de bij het ontwerp geldende norm toegestaan was. Dit is de waarde waarop destijds vermoedelijk is ontworpen. Door wrijving zal de werkvoorspanning nog lager uitkomen.

De in Tabel 2.7 gegeven aanvangs- en werkvoorspanning kan afwijken van wat gegeven is in oude berekeningen. Indien in de ontwerpberekening een andere waarde is aangehouden is deze leidend.

Indien in het verleden QP200 is toegepast dient in de herberekening voor de materiaaleigenschappen uitgegaan te worden van FeP 1860.

Voorspanstaven

Opmerking 1: Net als in NEN-EN 1992-1-1 NB werden lagere toelaatbare aanvangsspanningen en werkvoorspanning gegeven voor staven. NEN 6720 was niet van toepassing op staven maar werd wel hiervoor gebruikt. Via de Richtlijnen Ontwerp Betonnen Kunstwerken (ROBK) was bij Rijkswaterstaat echter al langer een beperking van de werk- aanvangsspanning gegeven voor staven. Dit naar aanleiding

van incidenten waarbij tijdens het voorspannen staven tot in hun vloeitak getrokken werden.

Opmerking 2: Een overzicht van de door Rijkswaterstaat gehanteerde voorspanstaven uit het verleden is in bijlage B4 opgenomen.

4	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 en/of de ROK zijn **niet** van toepassing:
4.4.1.2 (5) ROK
4.4.1.3 (1)P ROK

4.1 (7)	Toelichting

Zoals in art. 2.4 van NEN 8700 aangegeven hoeven duurzaamheidsaspecten slechts te worden beschouwd voor de restlevensduurperiode. Hierbij dient de huidige conditie wel te worden meegenomen.

4.4.1.2 (14)	Aanwijzing

Voor de waarde van de in het verleden vereiste minimale dekkingen wordt verwezen naar het overzicht in bijlage B1. Indien uit de beschikbare ontwerpgegevens geen andere waarden bekend zijn mogen deze als uitgangspunt aangehouden worden voor de beoordeling.

5.2	Eis

Indien de uit inspectie volgende daadwerkelijk opgetreden imperfecties groter zijn dan de berekende imperfecties *θi* dient in de berekening uitgegaan te worden van de opgetreden imperfecties.

5.6.3	Toelichting

Oude constructies kunnen betonstaal bevatten die vallen onder klasse A. De in Figuur 5.6N gegeven basiswaarden zijn dan niet toepasbaar.

5.10.2.1	Eis

Voor bestaande constructies dient, bij ontbreken van nadere gegevens, uitgegaan te worden van de ten tijde van het ontwerp gegeven waarde van de aanvangsvoorspankracht en de werkvoorspankracht.

Indien uit de beschikbare ontwerpgegevens een andere voorspankracht blijkt moet hiervan uitgegaan worden.

Toelichting: Voor gegevens omtrent de oude ontwerpeisen wordt verwezen naar bijlage B1 en B4.

5.10.5	Eis

De direct optredende verliezen dienen in rekening gebracht te worden conform de ten tijde van het ontwerp geldende rekenmethode.

Toelichting: Voor nadere informatie voor de rekenmethoden in de verschillende oude normen wordt verwezen naar paragraaf 3.3.

5.10.8 ROK	Eis

Het in rekening brengen van aanwezige voorspanning zonder aanhechting (VZA) is in de eindsituatie toegestaan, mits door middel van onderzoek aan de constructie de

conditie van de voorspanning is bepaald en de werking ervan hiermee is aangetoond.

6.2.1 (1)P	Eis

Bij delen van de bovenbouw met verlopende hoogte dienen voor het toetsen sneden loodrecht op het bovenvlak te worden aangehouden. Daarbij dient te worden uitgegaan van de dwarskracht evenwijdig aan de snede en de normaalkracht loodrecht erop.

Aandachtspunt: Voor dwarskracht dienen voldoende doorsneden (zowel in langs- als dwarsrichting) te worden gecontroleerd, tenzij aangetoond kan worden dat de capaciteit van de doorsnede niet afneemt (de capaciteit kan bijvoorbeeld afnemen doordat de effectieve hoogte en/of het langswapeningspercentage op grotere afstand van het steunpunt lager worden) en de te toetsen snedenkrachten wel afnemen.

6.2.1 (2)	Eis

Aanvulling voor een bestaande constructie:
De dwarskrachtweerstand van een element met dwarskrachtwapening is onder onderstaande voorwaarden gelijk aan:

$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{ccd} + V_{td} + V_{Rd,c}$ (6.1a)

Voorwaarden:
De verhoging met $V_{Rd,c}$, zoals aangegeven in artikel 6.2.2., is alleen toegestaan indien $V_{Rd,c}$ is bepaald volgens vergelijking 6.2a en bij het bepalen van $V_{Rd,s}$ volgens vergelijking 6.8 voor θ bij gewapend beton 45° en bij voorgespannen beton 30° wordt aangehouden.

Indien de beugels die de betreffende scheur doorsnijden onvoldoende verankerd zijn dient het aandeel van de beugelwapening in verhouding van de aanwezige tot de benodigde verankeringslengte te worden gereduceerd met de formule:

$V_{Rds,red} = (l_{aanw}/l_{benodigd}) * V_{Rd,s}$

De verhoging met V_{ccd} en V_{td} is alleen toegestaan bij kokers met verlopende hoogte en beugelwapening.

Toelichting
Bij het bepalen van de dwarskrachtweerstand voor bestaande constructies met dwarskrachtwapening mag de hoogste waarde die volgt uit de eurocodeformule (6.1) en RBK formule (6.1a) worden gebruikt. Voor constructies zonder dwarskrachtwapening is artikel 6.2.2 van toepassing.

6.2.1 (4)	Eis

Wanneer de dwarskrachtwapening niet voldoet aan de detailleringseisen volgens 9.2.2 mag geen $V_{Rd,s}$ in rekening zijn gebracht.

6.2.1 (5)	Eis

In gebieden, waarin volgens vergelijking (6.2.a) $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ (+ V_{ccd} + V_{td}) mag de aanwezige dwarskrachtwapening in rekening worden gebracht onder de voorwaarden zoals aangegeven in de RBK aanvulling op artikel 6.2.1 (2).

6.2.1 (8)	Advies

Voornamelijk belast betekent meer dan 50% gelijkmatig verdeelde belasting.

6.2.1 (10)	Eis

Bij de berekening van platen met behulp van 2D of 3D plaatmodellering dienen voor de bepaling van de rekenwaarde van de dwarskracht (V_{Ed}) de berekende waarden in de betreffende snede te worden bepaald door middeling over een breedte 4d.

6.2.1 (11)	Advies

Bij een bovenbouw met liggers kan door de grote stijfheidsverschillen in langs- en breedterichting, in principe elke ligger afzonderlijk onder dwarskracht bezwijken. De laststelsels dienen daarom zo geplaatst te worden dat de maximale dwarskracht in één van de liggers optreedt.

Bij samengestelde liggers kan een tweede, derde of middenligger maatgevend zijn. Een en ander is afhankelijk van de randafstand, randbelasting, kruisingshoek en vorm van de randligger.

Bij rijdekken met tussendwarsdragers wordt de belasting beter over de liggers gespreid.

6.2.2 (1)	Eis

Vervang vergelijking 6.2.a en 6.2.b door

$V_{Rd,c} = [0{,}12\ k_{cap}\ k\ (100\ \rho_l\ f_{ck})^{1/3} + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_{wgem}\ d$ (6.2.a)

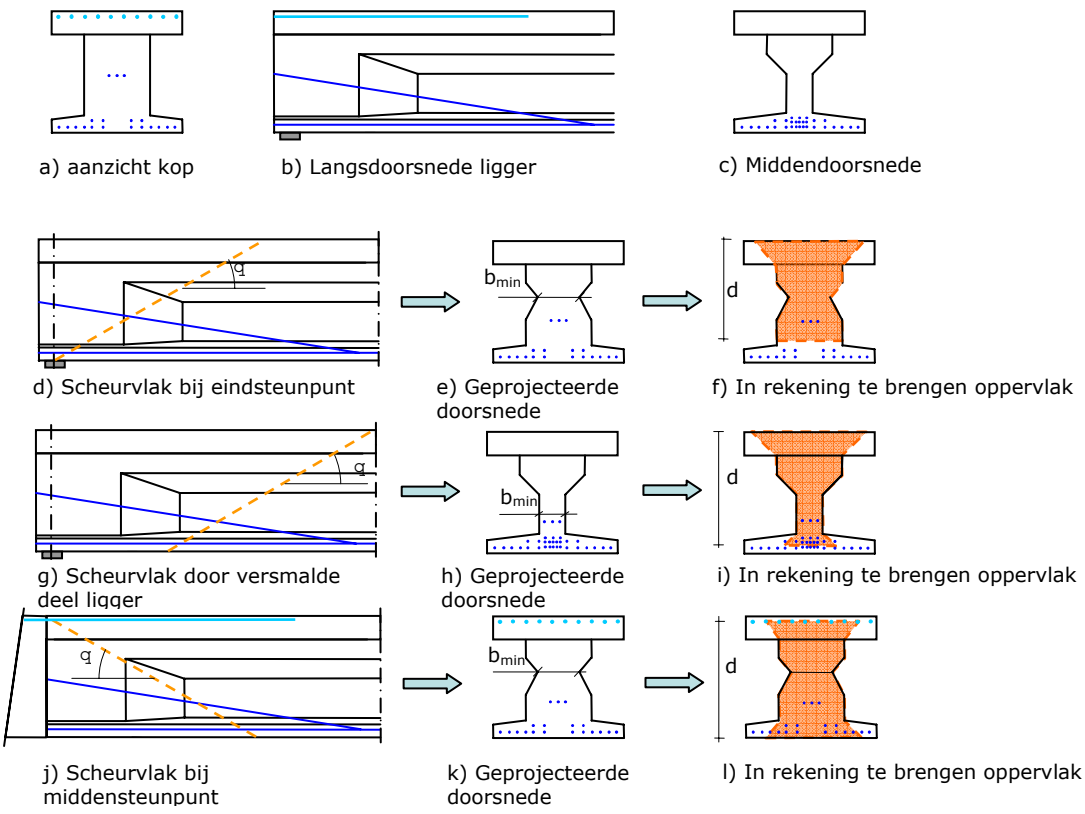
$V_{Rd,c} = [v_{min} + 0{,}15\ \sigma_{cp}]\ b_{wgem}\ d$ (6.2.b)

Bij massieve gewapende platen: $k_{cap} = 1{,}2$
Bij overige constructies: $k_{cap} = 1{,}0$

Voor niet voorgespannen massieve gewapende platen en balken mag v_{min} worden bepaald met de formule:

$v_{min} = 0{,}83 \times k_p^{3/2} \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} / f_{yk}^{1/2}$

Bij de bepaling van b_{wgem} mag voor de beschouwde doorsnede in plaats van de verticale doorsnede worden uitgegaan van de projectie van een scheurvlak onder een hoek θ op het verticale vlak; de geprojecteerde doorsnede (zie Figuur 2.1).



Figuur 2.1: De geprojecteerde doorsnede

b_{wgem} is de gemiddelde breedte (= in rekening te brengen oppervlak (zie Figuur 2.1.) / gewogen gemiddelde van d) van de dwarsdoorsnede in het beschouwde scheurvlak. Indien voorspankanalen in het beschouwde schuine scheurvlak aanwezig zijn, dient de oppervlakte van deze kanalen in mindering te worden gebracht op het in rekening te brengen oppervlak. Bij geïnjecteerde kanalen hoeft slechts de halve oppervlakte in mindering te worden gebracht.

Bij een verlopende breedte mag de toename van de in rekening te brengen breedte over de hoogte mag niet groter zijn dan 45°.

Voor b_{wgem} mag maximaal 1,25 b_{min} in rekening zijn gebracht. Hierbij is b_{min} de kleinste breedte van de geprojecteerde dwarsdoorsnede, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met voorspankanalen (zie Figuur 2.1).

Voor bepaling van het wapeningspercentage (ρ_l) van de buigtrekwapening mag alleen het wapeningsstaal en voorspanstaal die zich binnen de meewerkende breedte(b_{eff}) bevindt worden meegenomen.

Toelichting:
De meewerkende breedte bepalen volgens de NB van NEN-EN 1992-2 art 5.3.2.1

De hoogte d mag bepaald worden op de voor het maximale buigende moment in de beschouwde doorsnede benodigde buigtrekwapening. Voor de bepaling van de benodigde buigtrekwapening, bij in rekening brengen van beugelwapening, moet bij

toepassing van art. 9.2.1.3 (2) uitgegaan worden van $\theta = 45^0$ bij gewapend beton en $\theta = 30^0$ bij voorgespannen beton.

Toelichting
Door (een deel van) de opgebogen voorspanning niet mee te nemen wordt weliswaar het wapeningspercentage verlaagd, maar wordt de nuttige hoogte d groter.
NB. De buigtrekwapening dient wel voldoende verankerd te zijn.

Voor trekwapening die niet doorloopt tot ≥ (l_{bd} + d), maar wel doorloopt tot ≥ d voorbij de beschouwde doorsnede (zie ook NEN-EN 1992-1-1 figuur 6.3) mag ter bepaling van ρ_l voor A_{sl} aangehouden:

$$A_{sl,red} = \frac{l_{bd,aanwezig}}{l_{bd}} \cdot A_{sl}$$

Waarin:

$l_{bd,aanwezig}$	is de aanwezige verankeringslengte welke voldoet aan de eisen in 8.4.4
l_{bd}	is de rekenwaarde van de verankeringslengte volgens 8.4.4
A_{sl}	is de oppervlakte van de doorsnede van de trekwapening in de beschouwde doorsnede zonder eventuele reductie voor de aanwezige verankeringslengte
$A_{sl,red}$	is de oppervlakte van de doorsnede van de trekwapening met inachtneming van de aanwezige verankeringslengte

6.2.2 (2)	Eis

Vervang "In vrij opgelegde voorgespannen elementen" door "In constructies" .

Bij de berekening uitgaan van de verschillende combinaties van dwarskracht en wringing en de bijbehorende buigende momenten.

Het is toegestaan om deze toets uit te voeren over alleen het ongescheurde (buigtrekspanning kleiner dan $f_{ctk0,05}/\gamma_c$) deel van een doorsnede met een minimum van 0,85 h. De trekspanningen van het gescheurde deel moeten hierbij opgenomen worden door het ongescheurde deel.

De hoofdtrekspanning moet over de gehele hoogte van de doorsnede worden gecontroleerd.

6.2.2 (6)	Eis

b_w is de kleinste breedte van de dwarsdoorsnede

6.2.3 (5)	Advies

Voor het eigen gewicht mag de dwarskrachtwapening in elk interval met lengte l = ½ z cotθ zijn berekend met gebruikmaking van de kleinste waarde van V_{ED} in het interval

De grenswaarden voor θ zijn afhankelijk van de gebruikte formule voor V_{Rd}. Bij gebruik van formule (6.1) gelden de grenswaarden zoals opgenomen in 6.2.3 (2). Bij gebruik van formule (6.1a) de grenswaarden zoals opgenomen in artikel 6.2.1 (2).

7	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 zijn **niet** van toepassing:
7.3.1 (1)P
7.3.2
7.4.1 (1)P
7.4.1 (2)
7.4.1 (3)
7.4.1 (4)
7.4.1 (5)
7.4.1 (6)
7.4.2 (1)P
7.4.2 (2)
7.4.3 (1)P
7.4.3 (2)P
7.4.3 (3)
7.4.3 (4)
7.4.3 (5)
7.4.3 (6)
7.4.3 (7)

7.3.1 (5)	Advies

Als alternatief voor de berekening van scheurwijdte is het toegestaan de constructie periodiek te inspecteren. Indien deze inspecties aanleiding geven om te twijfelen aan de bruikbaarheid of constructieve veiligheid dient naar bevinden gehandeld te worden.

7.3.2 (3)	Eis

De waardes voor ξ_1 gelden alleen voor geribd betonstaal in combinatie met voorspanstaal.

7.4.2 (2)	Advies

De gegeven formules zijn geldig voor betonstaal met f_{yk} = 500 N/mm^2.

8	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 zijn **niet** van toepassing:
8.2 (1) P
8.2 (1) P ROK
8.2 (2)
8.2 (3)
8.2 (4)
8.3 (1)P
8.3 (2)
8.3. (3)
8.7.4.1 (1)
8.7.4.1 (2)
8.7.4.1 (3)
8.7.4.1 (4)
8.7.4.2 (1)
8.7.5.1 (1)
8.7.5.1 (2)
8.7.5.1 (3)
8.7.5.1 (4)
8.7.5.1 (5)
8.7.5.1 (6)
8.7.5.1 (7)

8.7.5.2 (1)
8.10.1.1 (1)P
8.10.1.2 (1)
8.10.1.2 (2)
8.10.1.3 (1)P
8.10.1.3 (2)
8.10.1.3 (3)
8.10.1.3 (3) ROK
8.10.3 (3)
8.10.4 (1)P
8.10.4 (2)P
8.10.4 (3)
8.10.4 (4)
8.10.4 (5)

8 (ROK)	Eis

De tekst van 8 in de ROK dient vervangen te worden door onderstaande tekst:

In aanvulling op de regels in hoofdstuk 8, gelden de eisen in de volgende artikelen van NEN 6723:2009:
- 10.1.5 wapening in kolommen; de verwijzing naar art. 9.11.5 van NEN 6720 vervalt.
- 10.1.6
- 10.1.9

Bij tegenstrijdigheden tussen de eisen in bovenstaande artikelen en artikelen in NEN-EN 1992-1-1 of NEN-EN 1992-2, is de strengste eis van toepassing.

De in 8 van de ROK opgenomen eisen gelden wel voor nieuw te bouwen delen van bruggen.

8.1 (1) P	Advies

Zoals aangegeven in NEN-EN 1992-1-1 zijn de rekenregels van toepassing voor geribd betonstaal, wapeningsnetten en voorspanelementen. Voor glad betonstaal zullen er afwijkende rekenregels gehanteerd dienen te worden.

8.4.2 (2)	Eis

Formule (8.2) dient vervangen te worden door

$$f_{ctd} = 2{,}25\eta_1\eta_2\eta_3 f_{ctd}$$

Waarin:
f_{ctd} rekenwaarde van de treksterkte van het beton volgens 3.1.6 (2)P.
Ten gevolge van toenemende brosheid van beton met hogere sterkte behoort $f_{ctk,0,05}$ hierbij te zijn beperkt tot de waarde voor C60/75, tenzij kan zijn getoetst dat de gemiddelde aanhechtsterkte toeneemt boven die grens;
η_1 coëfficiënt betrokken op de kwaliteit van de aanhechtingsomstandigheden en de positie van de staaf tijdens het storten (zie figuur 8.2):
$\eta_1 = 1{,}0$ als 'goede' omstandigheden zijn verkregen en
$\eta_1 = 0{,}7$ voor alle andere gevallen en voor staven in met glijbekisting gefabriceerde constructieve elementen, tenzij kan zijn aangetoond dat de aanhechtingsomstandigheden 'goed' zijn;

h_2 coëfficiënt betrokken op de staafdiameter:
h_2 = 1,0 voor $f \leq$ 32 mm;
h_2 = (132 – f)/100 voor $f >$ 32 mm.
η_3 η_3 = 0,5 voor glad staal
η_3 = 1,0 voor geprofileerd staal

Opmerking: Bovenstaande tekst is een verdere uitwerking van ROK 8.4.2 (2).

8.4.3	Advies

Indien de dekking minder is dan de $c_{min,b}$ moet de toelaatbare spanning σ_{sd} gereduceerd worden met de verhouding van de aanwezige dekking en $c_{min,b}$.
NB. Spuitbeton wordt niet tot de dekking gerekend.
Indien met de aanwezige verankeringslengte niet aan de eisen voldaan kan worden is het toegestaan om op basis van de aanwezige verankeringslengte de rekenwaarde van de toelaatbare spanning σ_{sd} te bepalen met behulp van vergelijking (8.3).

8.4.4 (1)	Advies

Voor glad betonstaal voorzien van ronde haken geldt: α_1= 0,7 als $c_d > Ø$

8.10.2.2 (1) en (2)	Eis

In aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 geldt:

η_{p1} = 2,7 voor geribde ovale draden

$\alpha 2$ = 0,25 voor spanelementen met ovale doorsnede;

8.10.2.2 (4)	Advies

In aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 geldt:
Bij prefabliggers mag de spreidingslengte l_{disp} als volgt bepaald worden:

$$l_{dt\,sp} = \sqrt{l_{pt}^2 + e_p^2}$$

Waarin:
e_p de excentriciteit van alle voorspanstrengen ten opzichte van de elastische zwaartelijn van de ligger

8.10.2.3 (2)	Eis

In aanvulling op 8.10.2.3 (2) geldt:

η_{p2} = 1,4 voor geribde ovale draden

8.10.3	Eis

Lees na de volledige tekst van 8.10.3 (5) de volgende tekst:

(6) Indien bij inspectie geen schade is geconstateerd in de verankeringszones en er geen aanpassingen van de constructie in deze zone voorzien zijn, is controle niet nodig.

8.10.5 (4)	Eis

Lees na de volledige tekst van 8.10.5 (4) de volgende tekst:

Indien bij inspectie geen schade is geconstateerd in de nabijheid van afbuigingen van voorspanelementen is controle op de hier gestelde aan afbuigvoorzieningen niet nodig.

9	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 zijn **niet** van toepassing:

9.2.1.1 (2)
9.2.1.2 (3)
9.2.1.5
9.2.2 (3)
9.2.2 (4)
9.2.2 (5)
9.3.1.1 (2)
9.3.1.1 (2) ROK
9.3.1.1 (3)
9.3.1.1 (4)
9.5.2 (1)
9.6.4 (1)
9.6.4 (2)

9.2.1.5 (2)	Eis

De gegeven eisen gelden voor geribd betonstaal.
Voor glad betonstaal dient de berekening uitgevoerd te worden volgens 6.6.

9.2.2 (2)	Eis

Indien de beugels, die de betreffende scheur doorsnijden onvoldoende verankerd zijn, mogen deze alleen voor toetsing conform art. 6.2.3 in rekening worden gebracht, indien het aandeel van de beugelwapening in verhouding van de aanwezige tot de benodigde verankeringslengte wordt gereduceerd.

9.2.2(6) NB	Eis

Eisen $s_{l,max}$ vervangen door:
Indien wel dwarskrachtwapening in rekening wordt gebracht, moet de waarde van $s_{l,max}$ gelijk zijn aan $0,75d(1 + \cot\alpha)$.

9.2.5 (3)	Eis

Wanneer bij kokerliggers de dwarskrachten uit de kokerlijven indirect via de dwarsdragers moeten worden afgevoerd naar de opleggingen (bijvoorbeeld wanneer bij een tweecellige koker enkel het middelste lijf wordt ondersteund) dient te worden gecontroleerd of dit mogelijk is. Deze controle dient ook uitgevoerd te worden bij kokers met verlopende hoogte waarbij de verticale component uit de ondervloer naar de oplegging wordt afgevoerd.

10	Advies

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 zijn **niet** van toepassing:
10.2 (1)P ROK
10.5.2 (1)
10.9.4.3 (2)

10.5.1 (4)	Eis

Indien de tijdens de bouw gehanteerde fasering en constructiewijze niet bekend is, dient in de berekening uitgegaan te worden van de minst gunstige omstandigheden

en/of dient de invloed ervan bepaald te worden door middel van een variantenstudie.

10.9	Advies

Lees (voorafgaand aan 10.9.1) de volgende tekst:
Indien bij inspectie van het betreffende onderdeel geen schade is geconstateerd en er geen aanpassingen van de constructie in deze zone voorzien zijn, is controle volgens 10.9.1, 10.9.2 en/of 10.9.3 niet vereist.

10.9.4.2 (3)	Eis

Uit inspectie volgende imperfecties en afwijkingen ten opzichte van het ontwerp dienen, indien van invloed, in de berekening meegenomen te worden.

11.	Aanwijzing

De volgende bepalingen van EN 1992-1-1 zijn **niet** van toepassing:
11 ROK
11.8.1 (1)
11.9 (1)

11.3.2 (2)	Eis

De thermische uitzettingscoëfficiënt is 10.10^{-6}/K

11.3.5	Eis

Voor de berekening dient uitgegaan te worden van de waarde van f_{lck} zoals bepaald aan de hand van 3.1.2 (11), waarbij $f_{lck} = 0{,}90 * f_{lck,cube}$

Noot: De waarde van α_{lcc} en α_{lcc} blijft bij bestaande constructies 0,85

11.6.4.1 (1)	Advies

Noot: Korlin: $C_{lRd,c}\,\eta_1 = 0{,}10 \times 0{,}9 = 0{,}09$
Grindbeton: $C_{Rd,c} = 0{,}12$

Bijlage B	Advies

Noot: Gegeven rekenregels zijn opgesteld voor de huidige cementsoorten met de huidige productiewijze. De rekenregels zijn zodoende niet zondermeer van toepassing op oude constructies.

Bijlage C	Eis

Tabel C.1 is van toepassing voor wapening met een karakteristieke waarde van de vloeigrens f_{yk} of $f_{0,2k}$ tot 600 N/mm^2.

Bijlage D	Advies

Gegeven rekenmethode is alleen van toepassing op voorspanstaalsoorten die voldoen aan de in NEN-EN 1992-1-1 geformuleerde eisen voor nieuwbouw.

Bijlage J	Advies

Bijlage J is niet van toepassing.

2.6.2. Deel 2: Betonnen bruggen

Aanvulling op NEN-EN 1992-2 + NB

3	Advies

De volgende bepalingen van NEN-EN 1992-2+C1/NB zijn **niet** van toepassing:
3.2.4 (101) P
12.9.2

3.1.2 (102) P	Eis

Vervang de gehele tekst van NB 3.1.2 (102) P door onderstaande tekst:

De waarden van C_{min} en C_{max} moeten gelijk aan C18/22 respectievelijk C70/85 zijn genomen. Indien vermoeiing niet maatgevend is mag voor C_{max} C90/105 worden aangehouden.

Noot: Indien uit het oorspronkelijke ontwerp of door middel van onderzoek aan de constructie blijkt dat de aanwezige sterkteklasse hoger is dan C_{max} mag de constructie wel berekend worden conform de in NEN-EN 1992-1-1 en NEN-EN 1992-2 geformuleerde eisen maar dient voor de berekening geen hogere waarde dan C_{max} in rekening gebracht te worden.

4.3 (103) ROK	Eis

De ROK eis geldt niet voor bestaande uitwendige voorspanning.

5.5 (105)	Advies

Herverdelen is toegestaan tot 20%.

Bij wapening met ductiliteitsklasse A is herverdeling niet toegestaan.

6.2	Eis

Alle artikelen m.b.t. dwarskracht van NEN 1992-2 + C1/NB zijn niet van toepassing.

Toelichting:
De artikelen van NEN-EN 1992-1 met de aanvullingen in deze RBK dienen toegepast te worden.

6.8.7 (101)	Toelichting

In art. 5.2 van NEN 8701 worden rekenregels gegeven voor de bepaling van de opgetreden belastingswisselingen bij bestaande constructies.

8	Advies

De volgende bepalingen van NEN-EN 1992-2+C1/NB zijn **niet** van toepassing:
8.9.1. (101)
8.10.4 (105)
8.10.4 (106)
8.10.4 (108)

8.10.3	Eis

In aanvulling op NEN-EN 1992-1-1 geldt:

(107) Indien bij inspectie geen schade is geconstateerd in de verankeringszone en er geen aanpassingen van de constructie in deze zone voorzien zijn, is controle niet nodig.

9	Advies

De volgende bepalingen van NEN-EN 1992-2+C1/NB zijn **niet** van toepassing:
9.2 (101) NB
9.2.2 (101)
9.3 (102)
9.4 (101)
9.5.3 (101)
9.5.1 (102)
9.6.1 (102)
9.8.1 (103)

9.2.1.1 (101)NB	Eis

Vervang de gehele tekst van NB 9.2.1.1 (101) door onderstaande tekst:
$A_{s,min}$ is niet van toepassing indien herverdeling mogelijk is.
$A_{s,min}$ is van toepassing indien herverdeling niet mogelijk is.

9.2.2 (2)	Eis

(2) van EN 1992-1-1 is wel van toepassing voor bestaande bouw.

11	Advies

De volgende bepalingen van NEN-EN 1992-2+C1/NB zijn **niet** van toepassing:
11.9 (101)

113	Advies

De volgende bepalingen van NEN-EN 1992-2+C1/NB zijn **niet** van toepassing:
113.1 (102)
113.1 (103)
113.2 (101)
113.2 (102)
113.2 (103
113.2 (104)

113.1	Advies

Lees na de volledige tekst van 113.1 (103) de volgende tekst:

Indien de tijdens de bouw gehanteerde fasering en constructiewijze niet bekend is, dient in de berekening uitgegaan te worden van de minst gunstige omstandigheden en/of dient de invloed ervan bepaald te worden door middel van een variantenstudie.

Bijlage B	Advies

Noot: Gegeven rekenregels zijn opgesteld voor de huidige cementsoorten met de huidige productiewijze. De rekenregels zijn zodoende niet zondermeer van toepassing op oude constructies.
NEN 8702: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Betonconstructies
Reservering voor aanvullingen op NEN 8702 (norm nog niet beschikbaar).

2.6.3. Betonnen bruggen – overige regels waar de EC 2 niet in voorziet

Aanvullingen op ROK

4.1 + 4.2	Eis

Voor bestaande dekken met sparingen geldt dat het effect van de sparingen en het mogelijke verloop van bijvoorbeeld de voorspanning in de herberekening beschouwd dient te worden.

Opmerking: Bijvoorbeeld nagaan of boogwerking op kan treden en of de constructie niet door pons lokaal bezwijkt.

6	Eis

De in de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden gewijzigd of worden toegevoegd.

7	Eis

De in de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden gewijzigd of worden toegevoegd.

8.1	Advies

Voor tanden met voorspanning is als alternatief ook een bepaling van de sterkte volgens de in CUR-rapport 40 (Load tests on full-size suspended beam and a model of this beam for a Metro viaduct at Rotterdam, mei 1969) gegeven analysemethode toegestaan.

8.2	Eis

De in (8.2) a) en d) van de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden gewijzigd of worden toegevoegd.

9	Eis

De in de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden toegevoegd.

10	Eis

De in de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden toegevoegd.

12	Eis

De in de ROK gestelde eisen gelden alleen voor onderdelen van een bestaande constructie die worden toegevoegd.

2.7. Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies (en mechanische uitrustingen, incl. fabricage en uitvoering)

2.7.1. Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-1

1.1.1(1) en (3)	Eis

Voor bestaande constructies zie ook NEN 8700 en NEN 8701.

1.2.2	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate het bestaande, gelaste of te lassen, constructiestaal voldoet aan de referentienormen aangegeven in NEN-EN 1993-1-1. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie, wanneer blijkt dat het niet aan de referentienormen voldoet.

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB 63), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

1.3	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de toenmalig geldende uitvoeringseisen overeenkomen met de eisen gegeven in NEN-EN 1090 en de RTD 1001 (ROK). De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie, wanneer blijkt dat het niet voldoet aan de referentienormen.

Toelichting: Te raadplegen document zijn: normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

2.1.1(1)P en (3)	Eis

Voor bestaande constructies moet de toetsing worden uitgevoerd in overeenstemming met de regels in EN 1990 en NEN 8700 en NEN 8701, evenals de Eisen in de RTD 1001 (ROK)).

2.1.1.(4)	Eis

In Eis op het gestelde moeten de regels in de RTD 1001 (ROK) en de regels in dit document (RBK) worden toegepast.

2.1.2	Eis

In Eis op het gestelde zijn de regels in NEN 8700 van toepassing.
Delen van de constructie mogen worden beoordeeld voor verschillende betrouwbaarheidsklassen. Daarbij geldt dat het hoofddraagsysteem altijd voor CC3 moet worden beoordeeld.

Toelichting: Het is niet toegestaan om een lagere betrouwbaarheidsklasse toe te passen en de vereiste betrouwbaarheid van het geheel te bereiken door verscherpte uitvoeringseisen.

2.1.3.1	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de constructie voldoet aan de eisen in de RTD 1001 (ROK). Een brug van weervaststaal moeten worden getoetst als een brug van constructiestaal. In verbouw van bruggen van koostofstaal mag geen weervaststaal worden toegepast.

In geval van het toepassen van roestvaststaal dient de opdrachtnemer voorstellen in ter acceptatie van de contractmanager.

Toelichting: De toetsing van de oppervlaktebescherming betreft de uitgangspunten in de EN-ISO 12944 met betrekking tot de corrosivity category en de life expectancy

Te raadplegen documenten zijn: normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering, specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

2.3.1(1)	Eis

Belastingen en externe invloeden: NEN 8700 en NEN 8701 zijn eveneens van toepassing.

2.3.1(3)	Eis

Bij de analyse van de constructie moeten de opgetreden zettingen worden meebeschouwd. Deze opgetreden zettingen moeten worden bepaald uit metingen. Eveneens moet een voorspelling worden gemaakt van de effecten van toekomstige te verwachten zettingen binnen de geplande restlevensduur van de constructie.

2.4.1	Eis

De bepaling van de materiaaleigenschappen is beschreven in deze RBK.

Toelichting: In volgende uitgaven van de RBK worden ervaringen uit de lopende projecten met betrekking tot de karakteristieke waarden Xk of de nominale waarden Xn van de materiaaleigenschappen vermeld.

2.4.2	Eis

Geometrische gegevens moeten worden ontleend aan tekeningen. Deze gegevens moeten worden gecontroleerd met metingen aan de constructie. Bij het ontbreken van tekeningen moeten de geometrische gegevens worden ontleend aan in-situ metingen. Deze gegevens moeten worden vergeleken met normen ten tijde van het ontwerp en bouw, bestelspecificaties en fabrieks- en productinformatie.

Wanneer de afwijking tussen de nominale en gemeten geometrie van de geometrie leidt tot een reductie van de statische waarden met meer dan 5% dient deze te worden meegenomen in de toetsing van de constructie.
In Eis op het gestelde moeten scheefstanden van bogen, pylonen van tuibruggen en vakwerken worden ingemeten. Deze scheefstanden moeten worden meegenomen in de toetsing van de constructie.

Toelichting: De gemeten scheefstand is een gevolg van de imperfecties en de belasting en zettingen aanwezig tijdens de meting.

2.5	Eis

Zie hoofdstuk 3 van deze RBK.

3	Eis

Ten behoeve van het gebruik van karakteristieke waarden voor de constructieve eigenschappen van toegepaste materialen, moet een herinterpretatie van normen, bestelspecificaties en testresultaten uitgevoerd worden, die van toepassing waren tijdens het ontwerp en de bouw. Indien nodig moet deze informatie worden aangevuld met proefnemingen per object (charge). De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie, wanneer blijkt dat de waarden niet voldoen aan de referentienormen.

4(2) en (3)	Eis

Zie 2.1.3.1 hiervoor.

4(5)	Eis

Bij constructies die niet inspecteerbaar zijn, maar volledig afgesloten (luchtdicht) van de buitenwereld dient een klein gat te worden aangebracht om vast te stellen of water is binnengedrongen bijvoorbeeld door capillair werking e.d.
Bij vastgestelde lekkage moet een inspectiemethode ontwikkeld worden.
Bij vaststellen van corrosieschade moet een herstelmethode worden ontwikkeld. De opdrachtnemer dient deze methode in bij de contractmanager ter acceptatie.

Na afloop moet het aangebrachte gat luchtdicht worden gedicht.

5.1.3(1)	Eis

Zie 2.3.1 hierboven.

6.1	Eis

De opdrachtnemer moet een voorstel opstellen voor de waarden van de partiële factoren. De opdrachtnemer dient dit voorstel in bij de contractmanager ter acceptatie

Toelichting: Ten gevolge van de spreiding in materiaaleigenschappen kunnen de partiële factoren voor oudere staalsoorten groter zijn dan de aanbevolen waarden in NEN-EN 1993-1-1. Voor meer informatie wordt verwezen naar de (Zwitserse en Duitse richtlijnen) SN505_269/3 en Richtlinie zur Nachrechnung von Strassenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie).)

6.2.1(5)	Eis

Bij 3-D spanningstoestanden moet het 3-D vloeicriterium volgens Von Mises worden gebruikt.

6.2.2.2(4)	Correctie

In afwijking van het gestelde is het voor onderdelen van bestaande constructies toegestaan om gebruik te maken van de netto doorsnede volgens de NEN 6770.

6.4.3.2	Eis

Indien de bestaande detaillering afwijkt van het gestelde, dan moet hiermee rekening worden gehouden bij de toetsing. De opdrachtnemer dient deze toetsingsmethode in bij de contractmanager ter acceptatie.

Annex B.	Eis

Voor profielen buiten het geldigheidsgebied van de norm doet de opdrachtnemer een voorstel t.a.v. de toe te passen toetsingsregels. De opdrachtnemer dient deze toetsingsmethode in bij de contractmanager ter acceptatie.

2.7.2. Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-2

Algemeen	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de bestaande constructie gevoelig is voor brand. Als bijvoorbeeld bij een brugconstructie de bovenbouw door brand eenvoudig bezwijkt, dient de opdrachtnemer voorstellen te doen ter acceptatie aan de contractmanager

Toelichting:
Veel bruggen in het hoofdwegennet zijn ontworpen en gebouwd in de jaren '60 en'70 van de vorige eeuw. Destijds is er in het constructieve ontwerp geen rekening gehouden met het belastingsgeval brand. Bij de invoering van de Eurocodes is het belastingsgeval brand wel een aspect dat in het constructieve ontwerp meegenomen dient te worden. De vraag bestaat of er voor bestaande constructies rekening gehouden moet worden met het belastingsgeval brand.

2.7.3. Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-3

Algemeen	Eis

Voor koudgevormde gesloten verstijvers van orthotrope stalen rijdekken zie RTD 1001 (ROK).

Algemeen	Eis

Voor overige koudgevormde profielen in bestaande constructies doet de opdrachtnemer een voorstel t.a.v. de toe te passen toetsingsregels. De opdrachtnemer dient deze toetsingsmethode in bij de contractmanager ter acceptatie.
Bij renovaties is het toepassen van koudgevormde dunwandige profielen anders dan gesloten verstijvers van orthotrope stalen rijdekken niet toegestaan.

Toelichting:
Koudgevormde dunwandige profielen anders dan gesloten verstijvers zullen als regel niet worden aangetroffen in bestaande constructies.

2.7.4. Deel 1-4: Algemene regels - Aanvullende regels voor roestvaste staalsoorten

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-4

Algemeen	Eis

Voor roestvaststalen onderdelen en roestvast stalen bouten in bestaande constructies doet de opdrachtnemer een voorstel t.a.v. de toe te passen toetsingsregels. De opdrachtnemer dient deze toetsingsmethode in bij de contractmanager ter acceptatie

2.7.5. Deel 1-5 Constructieve plaatvelden

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-5:2006(en) + NEN-EN 1993-1-5:2006/AC + NEN-EN 1993-1-5:2006/NB:2011

2.2 (2)	Eis

De meewerkende plaatbreedte bij bruggen dient bepaald te worden voor steunpunten en velden. In tegenstelling tot het gestelde is het niet toegestaan om een continue meewerkende breedte langs de lengte van de brug te veronderstellen.

2.2(5)	Correctie

In de globale krachtswerking hoeft geen rekening gehouden te worden met het effect van plooi van lijfplaten op de stijfheid van plaatliggers, ook niet wanneer voor deze lijfplaten geldt dat $r<r_{lim}$.

2.4	Advies

Indien mogelijk moet gebruik gemaakt worden van de doorsnede reductie methode. Alleen voor situaties waarin er spanningen in zowel langs- als dwarsrichting in het vlak van de plaat zijn, dient men de gereduceerde spanningsmethode te gebruiken.

4.2(2)	Correctie

De tekst moet gelezen worden zonder het woord “compression”.

7.1(2)	Correctie

Het gestelde is optioneel, geen eis.

A.3	Eis

Als alternatief op de methode beschreven in annex A.3 mag een analyse met een geschikt eindige-elementenmodel zijn uitgevoerd. De opdrachtnemer dient deze berekening in bij de contractmanager ter acceptatie. De criteria voor de uitvoering van eindige elementenmodellen zijn beschreven in RWS-documenten.

2.7.6. Deel 1-6: Algemene regels - Sterkte en Stabiliteit van Schaalconstructies

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-6

Algemeen	Correctie

Om de stabiliteit te toetsen van ronde buisprofielen van klasse 3 zoals genoemd in NEN-EN 1993-1-1 Tabel 5.2 kan de toetsing voor LS1, LS2 en LS 4 achterwege blijven. Een toetsing voor LS3 is toereikend.

2.7.7. Deel 1-7: sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-7:2007(en) + NEN-EN 1993-1-7:2007/AC:2009 + NEN-EN 1993-1-7:2008/NB:2011

1.1(9)	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de toenmalig geldende uitvoeringseisen overeenkomen met de eisen gegeven in NEN-EN 1090 en de RTD 1001 (ROK).). De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie, wanneer blijkt dat het niet voldoet aan de referentienormen.

Toelichting:
Te raadplegen document zijn: normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VVSB 63), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

5.2.1(5)	Eis

Voor bestaand kunstwerk is een toets met plastische berekening toegestaan mits lokaal vloeigedrag in combinatie extreme deformaties van het betreffende constructie element geen gevolgen heeft voor sterkte en de standzekerheid van de constructie als geheel. In de bruikbaarheidsgrenstoestand mag het vloeicriterium niet worden overschreden.

5.2.3.3(6)	Correctie

Vervang het gestelde door:"e_0 = min (a/200, b/200)"

2.7.8. Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-8

1.2	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de verbindingsmiddelen voldoen aan de referentienormen aangegeven in NEN-EN 1993-1-8. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie.

Toelichting:
Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

2.2	Eis

Bij twijfel aan de juistheid van de beschikbare informatie betreffende de toegepaste verbindingsmiddelen of de uitvoering steekproefsgewijs worden getest. Indien dit niet mogelijk is, moeten de verbindingsmiddelen worden vervangen.

Bij verbouw moet de toetsing van stuikverbindingen in hoofdliggers worden uitgevoerd volgens het principe: "Aansluiten op doorsnede"

2.4./2.5	Eis

Bij de berekening van verbindingen in lijfplaten van plaatliggers van klassen 3 en 4 moet de krachtsverdeling worden afgeleid van de spanningsverdeling in de aansluitende constructie-elementen. Een elasto-plastische berekeningsmethode is dan niet toegestaan.

3.2	Eis

Zie 1.2 en 2.2 hierboven.

3.3	Eis

Zie 1.2. en 2.2 hierboven.

3.5	Eis

Tabel 3.3 is ook geldig voor staalsoorten die niet voldoen aan de aangegeven normen.

3.6.1(15)	Eis

Voor materialen anders dan S235 moet de opdrachtnemer een voorstel doen voor toe te passen waarde van fur, op basis van literatuur. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie.

Toelichting:
Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB).

3.6.1, tabel 3.4	Correctie

In Eis op opmerking 3 van de tabel: de som van de kwadraten van de toetsingen van de afzonderlijke richtingen moet kleiner dan of gelijk zijn aan 1.

3.9.1	Eis

Wrijvingscoëfficienten van bestaande bruggen moeten worden afgeleid van de tijdens het ontwerp en de bouw geldende documenten en normen dan wel onderzoeksresultaten en fabricagespecificaties ten tijde van het ontwerp

Toelichting:
Vanaf ongeveer 1970 werden voorspanbout verbindingen "geschoopeerd" (Schoop). Voor de dimensionering en uitvoering werd het "Rode Boekje" Publicatie "Voorlopige richtlijnen voor het ontwerpen en uitvoeren van verbindingen met voorspanbouten in staalconstructies," 2de uitgave, november 1968 gehanteerd.

3.9.3	Eis

Een analyse die er vanuit gaat dat de verbinding werkt als een hybride verbinding is niet toegestaan.

Toelichting:
In veel bestaande constructies zijn platen van onderflenzen gebout en tevens in langsrichting gelast. In dit geval dient de schuifkracht opgenomen te worden door de lassen. De bouten dienen om het pakket bij elkaar te houden.

3.12	Eis

Zie 2.4 en 2.5 van deze RBK.

4.1(1)	Eis

Voor materialen en ontwerpdetails gebaseerd op oudere normen, de ontwerp en uitvoeringsgegevens herinterpreteren naar de geest van NEN-EN 1993-1-8. Voorstel van opdrachtnemer ter acceptatie van contractmanager
Er moet worden getoetst in welke mate de verbinding voldoet aan het gestelde. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie

Toelichting:
Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB 63), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

4.2	Eis

Zie 4.1(1) hiervoor.

4.5.3.2	Eis

Zie 4.1(1) hiervoor.

4.14	Eis

Zonder nader onderzoek is het niet toegestaan te lassen aan staalsoorten die gevoelig zijn voor brosse breuk of lamellar tearing. Indien de specificatie voldoende vertrouwen geeft dat aan deze staalsoort gelast kan worden, dan blijven nog de eisen van 4.14 en NEN-EN 1993-1-10 gelden. Zie ook RTD 1001 (ROK).

5.1.5 (3)	Correctie

Het gestelde mag niet worden toegepast.

6.4.1(4)	Correctie

Het gestelde is alleen van toepassing voor toetsing van verbindingen van secundaire elementen. Het aantal en de wijze van uit te voeren beproevingen voor het bepalen van de rotatiecapaciteit worden voorgesteld door de opdrachtnemer. De opdrachtnemer dient dit voorstel in bij de contractmanager ter acceptatie.

7.1.1	Eis

De toepassing van 7.1.1 moet geschieden op basis van een voorstel van de opdrachtnemer, rekening houdend met de beperkingen van het geldigheidsgebied. De opdrachtnemer dient dit voorstel in bij de contractmanager ter acceptatie

2.7.9. Deel 1-9: Vermoeiing

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-9

1.4	Correctie

Fase 2: Vervang "m = helling van de vermoeiingssterkte curve" door "m = de reciproque (of: inverse) waarde van de helling van de vermoeiingssterkte curve wanneer deze wordt weergegeven op logaritmische schaal".

3(7) tabel NB.1	Eis

In afwijking van de RTD 1001 (ROK) en van NEN-EN 1993-2/NB mag de vermoeiingsbeoordeling op het concept van de 'veilige levensduur' of van 'schade tolerant' zijn gebaseerd. In het laatste geval moet het inspectie-interval gebaseerd zijn op een berekening volgens BS 7910:2005.

Voor de orthotrope rijvloer geldt dat uitgegaan moet worden van 'geringe gevolgen van bezwijken', tenzij het betreffende constructiedeel behoord tot de hoofddraagconstructie. Voor de overige delen van de draagconstructie geldt dat uitgegaan moet worden van 'grote gevolgen van bezwijken', tenzij wordt aangetoond dat de brug niet bezwijkt bij het bezwijken van het betreffende deel.

Toelichting:
Als voorbeeld maakt de dekplaat onderdeel uit van de hoofddraagconstructie wanneer deze dekplaat fungeert als de bovenflens van de dwarsdrager, én wanneer het bezwijken van deze dwarsdrager kan resulteren in het bezwijken van de brug, bijvoorbeeld doordat de dwarsdrager de krachten van hoofdliggers overbrengt naar opleggingen of naar de tuien.

Toelichting:
Wanneer een berekening met het concept van 'veilige levensduur' en de vermoeiingssterkte curves in NEN-EN 1993-1-9 resulteert in een schade D > 1 voor de restlevensduur, dan is het mogelijk om het betreffende detail te inspecteren, en over te gaan op het concept van 'schade tolerant'. Het inspectie-interval moet gebaseerd zijn op een berekening volgens BS 7910:2005.

Er moet tevens worden nagaan of verdergaande scheurgroei van een secundaire verbinding kan leiden tot bezwijken van een primaire verbinding.

4(1)	Eis

Er moet worden nagegaan of de constructie zich elastisch gedraagt bij met maximum van de vermoeiingsbelasting en de karakteristieke belastingscombinatie met LM1 volgens EN 1991-2. Wanneer dit niet het geval is, moet een fysisch niet-lineaire analyse uitgevoerd worden en moet een toets uitgevoerd worden op low cycle fatigue volgens BS 7608

Toelichting:
Met de aantallen belastingcycli leidend tot bezwijken zal deze methode hooguit inzetbaar zijn bij bruggen voor lokaal verkeer met kleine aantallen vrachtvoertuigen. Er zal snel een versterking nodig zijn.

8, tabel 8.1, details (1-5)	Eis

Zonder nauwkeurige inspectie van de ruwheid van de rand van de plaat, moet uitgegaan zijn van detail categorie 140 conform detail 4 van tabel 8.1.

8, tabel 8.1, details (8-10)	Correctie

In afwijking van de illustraties van details (8-10) kunnen scheuren ook initiëren voor de onderlegring of ter plaatse van het einde van een plaat.

8, tabel 8.1, details (14-15)	Eis

Er mag worden uitgegaan van voorgespannen verbindingen, mits uit de documentatie blijkt dat de voorspankracht tot stand is gekomen op basis van een gekwalificeerde en gekalibreerde aandraaimethode (zoals de moment-hoekmethode).

8, tabel 8.2	Eis

Wanneer niet is te achterhalen of tijdens de fabricage voldaan is aan de gestelde voorwaarden m.b.t. passing, vlakken van de plaat en stop-start posities, moet detail categorie 100 zijn toegepast voor details (1) t/m (7), (10) en (11), tenzij anders is overeengekomen met de contractmanager. Zie ook RTD 1001 (ROK).

8, tabel 8.3, details (1-12)	Eis

Indien uit de projectspecificaties, tekeningen en fabricage procedures niet blijkt dat voldaan wordt aan de geldigheidscriteria voor de classificaties 90 of 112, moet voor dubbelzijdige lassen zonder dikte-overgang tussen de aangesloten platen uitgegaan zijn van detail categorie 80 met dikte-effect, tenzij uit nauwkeurige inspectie van het lasprofiel blijkt dat wordt voldaan aan de geldigheidscriteria voor de classificaties 90 of 112.

8, tabel 8.3, detail (13)	Eis

Voor dit type lassen dient de opdrachtnemer een voorstel ter acceptatie in bij de contractmanager voor de te hanteren detail categorie.

Toelichting:
Als de fabriekstekening een doorlassing aangeeft en het contract NDO voor controle op de doorlassing definieert, mag uitgegaan zijn van detail categorie 71, Wanneer dit niet aangegeven is, en er wordt afgezien van controle op volledige doorlassing, dan moet in het algemeen uitgegaan zijn van detail categorie 36.

8, tabel 8.3, details (14, 15)	Eis

De gegeven detail categorie is ook van toepassing in het geval van hechtlassen aan de rand van de backing strip.

Toelichting:
Tabel 8.4, details (6-8), geven een detail categorie die minstens even hoog is als tabel 8.2, details (14, 15). Een scheur door de hechtlas heeft geen constructieve consequenties.

8, tabel 8.3	Eis

De maximale excentriciteit in dit type lassen moet worden ontleend aan constructietekeningen en normen en uitvoeringsspecificaties tijdens het ontwerp en de bouw van de constructie. Voor alle details in tabel 8.3 geldt dat de detailcategorie aangepast moet zijn wanneer deze excentriciteit in de verbinding groter is dan 5 % van de plaatdikte. De in de tabel gegeven detail categorie moet in die gevallen vermenigvuldigd worden met de vergelijkingen gegeven in IIW IIW document XIII-1965-03 / XV-1127-03.

8, tabel 8.7	Eis

Wanneer niet is voldaan aan de gestelde voorwaarden, dient overgegaan te worden op de hot-spot spanningsmethode volgens bijlage B van NEN-EN 1993-1-9.

8, tabel 8.8	Toelichting

In tabel NB.8 van NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F.1 zijn vermoeiingsclassificaties gegeven voor veel voorkomende details in bestaande orthotrope rijvloeren.

2.7.10. Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting

Als niet wordt voldaan aan de eisen in deze norm, moet de opdrachtnemer een voorstel doen en dit overleggen aan de contractmanager ter acceptatie. Zie eerder

Aan constructies met materiaal dat is geproduceerd voor 1965 mag niet worden gelast.

Algemeen	Correctie

Vervang Spanningsconcentratiefactor door Spanningsintensiteitsfactor

2.7.11. Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-11

1.2	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate materiaal voldoet aan de referentienormen aangegeven in NEN-EN 1993-1-11. De opdrachtnemer dient voorstellen ter acceptatie in bij de contractmanager hoe met de aanwezige materiaalkwaliteiten kan worden omgegaan.

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

2.1(1)	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de constructie voldoet aan NEN-EN 1990. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie

3.1	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate materiaal voldoet aan de referentienormen aangegeven in NEN-EN 1993-1-11. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie.

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn uitvoeringsdocumenten ten tijde van het ontwerp en uitvoering, specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

4.2	Eis

Er moet nagegaan worden of de corrosiebescherming intact is en afdoende is.

6.2	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate materiaal voldoet aan de referentienormen aangegeven in NEN-EN 1993-1-11. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie.

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn uitvoeringsdocumenten ten tijde van het ontwerp en uitvoering, specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

2.7.12. Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van NEN-EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700

Algemeen	Toelichting

In het huidige areaal (tot 2005) komt geen hoge sterkte staal voor zoals S700. Indien wel, dan dient de onderaannemer voorstellen te doen aan de contractmanager.

Toelichting: Kabels van tuien worden beoordeeld volgens NEN-EN 1993-1-11.

Normen:
NEN-EN 1993-1-12 2007 S700 (en)
NEN-EN 1993-1-12 C1 2009 S700 (en)
NEN-EN 1993-1-12 NB 2011 S700 (en)

2.7.13. Deel 2: Stalen bruggen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-2

2.1.3.2 (1) + NB, opm. 1.	Correctie

Opmerking 1: De opmerking vervalt. Voor de ontwerplevensduur c.q. restlevensduur van de bestaande constructie: zie artikel 2.3.1 van NEN 8700.

2.1.3.3 (4) + NB	Advies

Artikel 2.1.3.3 (4) van de NB vervalt, en wordt vervangen door artikel 2.1.3.3 van de norm zelf (d.w.z. blijvende verbindingen tussen constructieve onderdelen moeten zijn uitgevoerd met voorspanbouten met een verbinding volgens categorie **B of** C)

2.1.3.4 (1) + NB	Advies

Voor de buitengewone belastingen moet worden bepaald in hoeverre deze gedragen kan worden door de constructie en of er eventuele overschrijdingen plaatsvinden. De resultaten en voorstellen voor maatregelen moeten voorgelegd worden aan de contractmanager ter acceptatie. Zie ook RTD 1001 (ROK) en contractdocumenten

2.1.3.4 (2) + NB	Advies

Er moet worden getoetst of de detaillering voldoet aan de eisen met betrekking tot vermoeiing, en of de duurzaamheid met betrekking tot corrosie gewaarborgd is. Indien dit niet het geval is, moeten de resultaten en voorstellen voor maatregelen worden voorgelegd aan de contractmanager ter acceptatie.

Er mag uitgegaan worden van ofwel veilige levensduur ofwel schade tolerant. Zie ook RBK voor NEN-EN 1993-1-9.

Hoofdstuk 3	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate materiaal voldoet aan de gestelde eisen in de RTD 1001 (ROK). De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

3.2.3 + NB	Eis

Wanneer niet wordt voldaan aan de gestelde eisen m.b.t. de taaiheid, dan kan een gedetailleerdere analyse uitgevoerd worden conform BS 7910, om na te gaan of het materiaal alsnog voldoet.

3.5 (1) / bijlage A	Eis

Wanneer de opleggingen niet voldoen aan de eisen gesteld in EN 1337, dan kan een meer gedetailleerde berekening uitgevoerd worden, om te toetsen of de opleggingen alsnog voldoen.

4 (1) NB	Advies

Voor onderdelen waarbij in het oorspronkelijke ontwerp onvoldoende rekening is gehouden met de toegankelijkheid, stelt de opdrachtnemer een plan voor met daarin eventueel te houden inspecties en / of aanpassingen. Dit plan wordt voorgelegd aan de contractmanager ter acceptatie.

4 (5)	Eis

Er moet worden getoetst in welke mate de duurzaamheid voldoet aan de gestelde eisen. De opdrachtnemer dient voorstellen in bij de contractmanager ter acceptatie

Toelichting: Te raadplegen documenten zijn normen ten tijde van het ontwerp en uitvoering (bijvoorbeeld VOSB 63 en VVSB), specificaties, contractdocumenten en beproevingsresultaten en certificaten.

7.2 (1)	Toelichting

Fase 2: Bedoeld wordt dat de globale berekeningsmodellen gebaseerd dienen te zijn op de elasticiteitstheorie, dus dat de snedekrachten (M, N en V) bepaald dienen te zijn met de elasticiteitstheorie.

7.5 (1)	Eis

Wanneer niet wordt voldaan aan de eisen met betrekking tot de doorrijhoogte of doorvaarthoogte kan in overleg met de contractmanager in bepaalde gevallen worden besloten tot een toetsing met een aangepaste veranderlijke belasting.

7.11 (2)	Advies

Zie 4 (1) hiervoor

8.0 NB (1), (2), (3) en (4)	Eis

De gestelde voorwaarden m.b.t. de verbindingen vervallen.

8.1.3.1 (2,3) NB	Eis

Voor het materiaal van klinknagels geldt het gestelde in de RBK over EN 1991-1-8.

8.1.9 (1) en (2)	Eis

Vervang door: Zie 2.4, 2.5 en 3.12 van NEN-EN 1993-1-8.

8.2.1.2.2	Eis

Bij bestaande constructies met onderbroken hoeklassen (kettinglassen) moeten inspecties uitgevoerd worden en aanvullende maatregelen genomen worden ten behoeve van het voorkomen van corrosie.

8.2.10 NB	Eis

Lassen tussen troggen en de dekplaat van een orthotrope rijvloer mogen wel uitgevoerd zijn met doorlasfout, zie specificaties voor de vermoeiingsdetails in de RTD 1001 (ROK).

9.1.2, 9.2.1, 9.2.2 en 9.4.1 RTD 1001 (ROK)	Eis

De eis in de RTD 1001 (ROK) m.b.t. het voldoen aan bijlage F.1 van de nationale bijlage vervalt. De vermoeiingslevensduur van onderdelen van en rond het orthotrope rijdek moeten, evenals alle andere constructieve onderdelen, worden getoetst aan de uiterste grenstoestand en aan de vermoeiingsgrenstoestand.

9.3 P(2) NB	Advies

Er mag uitgegaan worden van veilige levensduur of schade tolerant. Zie ook RBK voor NEN-EN 1993-1-9.

9.4.2.2 RTD 1001 (ROK)	Correctie

De eis in de RTD 1001 (ROK) m.b.t. het toestaan van cope holes vervalt. De vermoeiingslevensduur van de troggen en de dwarsdrager moeten, evenals alle andere constructieve onderdelen, worden getoetst aan de uiterste grenstoestand en aan de vermoeiingsgrenstoestand.

9.6 (3) RTD 1001 (ROK)	Correctie

De eis in de RTD 1001 (ROK) m.b.t. het voldoen aan bijlage F.1 van de nationale bijlage vervalt. De vermoeiingslevensduur van onderdelen van en rond het orthotrope rijdek moeten, evenals alle andere constructieve onderdelen, worden getoetst aan de uiterste grenstoestand en aan de vermoeiingsgrenstoestand.

9.7 NB + RTD 1001 (ROK)	Eis

Ten aanzien van het gestelde m.b.t. nabehandelen van lassen: dit is alleen toegestaan voor bestaande bruggen, waarbij de eis geldt dat moet worden aangetoond dat de te verkrijgen geometrie reproduceerbaar is en het positieve effect op de classificatie aantoonbaar is.

10.3	Correctie

De responsie onder windbelasting mag ook zijn bepaald uit metingen aan de werkelijke brug.

A.4.2.1 (1), A.4.2.3.1 A.4.2.7(3), A.4.3(1)	Eis

De volgende procedure moet zijn uitgevoerd: het inmeten van de constructie en de temperatuur tijdens de meting. Vervolgens moet de neutrale stand worden berekend (bij 10 ºC) en moet worden nagaan of de functionaliteit van de oplegging past bij de ontwerpwaarden van de temperatuur.

C + NB + RTD 1001 (ROK)	Toelichting

Veel dekken van bestaande bruggen zijn niet (volledig) geconstrueerd volgens deze adviezen. Wanneer dit optreedt, moet men extra alert zijn op (het risico van) vermoeiing. De eisen in de RTD 1001 (ROK) moeten dan ook niet als eisen gelezen worden.

Annex C ontwerpdeel moet worden beschouwd als achtergrond literatuur.

D	Eis

Scheefstanden van bogen, pylonen en vakwerken moeten worden ingemeten. Deze scheefstanden moeten worden meegenomen in de toetsing van de constructie.

Toelichting: De gemeten scheefstand is een gevolg van de imperfecties en de belasting en zettingen aanwezig tijdens de meting.

3. Verificatieberekening beton

In dit hoofdstuk worden aanwijzingen en aanvullingen gegeven voor de verificatieberekening van betonnen kunstwerken. In de eerst drie paragraven wordt ingegaan op de materialen beton, betonstaal en voorspanstaal. Een typische belasting op betonnen bruggen is de blijvende belasting door uitvulling en asfaltverharding. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.4. Vervolgens wordt ingegaan op de modellering en de mogelijkheden om de berekening te verfijnen.

In paragraaf 3.8 worden aanwijzingen gegeven voor de presentatie van een verificatieberekening.

In de bijlagen wordt informatie gegeven over oude normen en oude voorspansystemen. Ook wordt ingegaan op mogelijke verfijningen van de berekeningen.

3.1. Beton

De betonkwaliteiten uit de oude betonnormen zijn vertaald naar gelijkwaardige Eurocode sterkteklassen. Voor de relatie tussen de sterkteklasse en de sterkte eigenschappen kan gebruik worden gemaakt van de Eurocode.

Voor de aan te houden betonsterkteklasse geldt het volgende:
- RWS betonsterkteklasse
  Voor de meest voorkomende, door Rijkswaterstaat ontworpen en uitgevoerde, constructietypen zijn de sterkteklasse bepaald welke, onder voorwaarden, gebruikt kunnen worden voor de bovenbouw van betonnen bruggen in en over hoofdwegen.
- Ontwerpklasse
  Wanneer de RWS betonsterkteklasse niet kan worden toegepast dient de betonsterkteklasse volgens het ontwerp te worden gebruikt. Deze klasse zal veelal lager zijn dan in werkelijkheid aanwezig. Indien het gebruik van deze (te) lage klasse overschrijding van grenswaarden tot gevolg heeft dient de sterkteklasse uit materiaalonderzoek te worden bepaald. Zie hiervoor ook het stroomschema.
- Uit materiaalonderzoek bepaald.
  Hierbij wordt gebruik gemaakt van de in de Eurocode gegeven relatie tussen de trek- en de druksterkte. Indien aanleiding is om te veronderstellen dat deze relatie niet geldig is dient voor de treksterkte en de druksterkte twee verschillende betonsterkteklassen te worden aangehouden. In dat geval dient door onderzoek de oorzaak achterhaald te worden.

Zie voor de normatieve aanvullingen hoofdstuk 2. Hier is ook de tabel opgenomen met de relatie tussen betonkwaliteiten uit voorgaande normen en de betonsterkteklassen volgens de Eurocode.

3.2. Betonstaal

Voor de materiaalsterkte van betonstaal dient de sterkte aangehouden te worden uit het ontwerp. Indien deze niet bekend is dient de laagste staalsoort uit de oorspronkelijke ontwerpnorm te worden aangehouden. Voor f_{yd} hoeft geen lagere waarde dan 191 N/mm^2 te worden aangehouden.
Zie verder de normatieve aanvullingen in hoofdstuk 2. Hier is ook een tabel gegeven waarin de staalsoorten uit de oude normen zijn vertaald naar de Eurocode.

Voor het vaststellen van de betonstaalsoort kan uitgegaan worden van het volgende:
- QR40 en QR48 zijn geribd.
- QR22 en QR24 zijn glad (rond 1965 is ook korte tijd geribd toegepast).
- Verankering met haakvormig staafeinde = glad staal.
- Verankering met rechtlopend staafeinde = geribd staal.

Voor het vaststellen van de wapeningsrichting en wapeningshoeveelheid dient rekening gehouden te worden met het volgende:
- De wapeningsrichting kan al dan niet orthogonaal zijn.
- De uitgevoerde wapeningsrichting kan afwijken van het ontwerp.
- De toegepaste diameter en staafafstand bij uitvoering kan afwijken van het ontwerp. Hierbij kan uitgegaan worden van de regel dat het toegepast wapeningsoppervlak in de uitvoering minimaal de ontwerpwaarde is.

Bij platen met niet orthogonale wapening geldt voor berekeningen volgens de eindige elementenmethode het volgende:
- De x-as van het assenstelsel welke gebruikt wordt voor de momenten dient evenwijdig aan de richting van de hoofdwapening te worden genomen.
- Het wapeningsoppervlak van de dwarswapening moet ontbonden worden in x- en y-richting. De bijdrage aan A_{sx} dient te worden verwaarloosd. De A_{sy} dient als dwarswapening te worden beschouwd.

OPMERKING: In CUR rapport 54 (wapenen van platen) wordt voor platen drie verschillende wapeningssystemen gegeven. De benodigde hoeveelheid wapening wordt hierbij bepaald op basis van een vlakke spanningstoestand. Voor de beoordeling van bestaande platen met niet orthogonale wapening is deze methode niet bruikbaar.

3.3. Nagerekt voorspanstaal

Voor de materiaalsterkte van nagerekt voorspanstaal dient de sterkte aangehouden te worden uit het ontwerp. Indien deze niet bekend is dient de laagste sterkteklasse behorende bij het aanwezige voorspansysteem te worden aangehouden of dient deze door onderzoek te worden bepaald.
Zie de normatieve aanvullingen in hoofdstuk 2. Hier is een tabel gegeven waarin de staalsoorten uit de oude normen zijn vertaald naar de Eurocode.

De (werk)voorspankracht is afhankelijk van het toegepaste systeem en de vigerende normen ten tijde van het ontwerp. Informatie hierover is opgenomen in bijlage B4.

Voor de werkvoorspankracht ($P_{m,t(x)}$) kan de waarde uit de ontwerpberekening worden gebruikt. Indien deze niet bekend is dient deze berekend te worden. Vooruitlopend op deze berekening kan voor de werkvoorspanning uitgegaan worden van:
- $0{,}52 \cdot f_{pk}$ voor systemen ontworpen tot en met de RVB 1967;
- $0{,}60 x f_{pk}$ voor systemen met relaxatieniveau 1, ontworpen vanaf de VB 74;
- $0{,}65 x f_{pk}$ voor systemen met relaxatieniveau 2, ontworpen vanaf de VB 74.

Deze waarden gelden voor het midden van kabels tot 35 meter.

Voor de berekening van de direct optredende verliezen door wrijving en intrekking gelden de volgende uitgangspunten:
- Rekening houden met horizontaal en verticaal verloop.
  In oude (ontwerp)berekeningen was het gebruikelijk de horizontale verliezen te simuleren door aanpassing van de coëfficiënten voor het verticaal verloop.
- Voor de wrijvingscoëfficiënt (μ) en wobble-factor (k) dienen de waarden volgens de productinformatie of de ontwerpberekening aanhouden te worden. Bij verschillen is de meest ongunstige combinatie maatgevend.
- Indien niet bekend kunnen $\mu = 0{,}26$ en $k = 0{,}01$ worden gebruikt.
- Voor de intrekking dient de waarde volgens de productinformatie of de ontwerpberekening te worden aanhouden. Ter indicatie:
  Strengen: Propverankering 14-16 mm, wigverankering 10-12 mm.
  Draden: Opgestuikte koppen 0-2 mm.
  Staven: voor klok- en plaatverankeringen met opgewalste schroefdraad 0-2 mm en met gewinde staven 3-5 mm.
- De aanvangsvoorspanning wordt bepaald volgens de vigerende norm ten tijde van het ontwerp, zie bijlage B4.

Voor de berekening van de tijdsafhankelijke verliezen (krimp, kruip en relaxatie) gelden de volgende uitgangspunten:
- Voor een schatting kan 15% worden aangehouden. Voor systemen van voor 1975 is dit, door de hogere relaxatie, 20%.
- De krimp en kruip berekenen volgens de Eurocode. Voor de sterkteklasse van het cement uitgaan van portlandcement (CEM I). Voor prefab liggers welke na 2000 door de firma Spanbeton zijn gemaakt kan uitgegaan worden van hoogovencement (CEM III).
- Voor de relaxatie uitgaan van de waarden volgens de oude normen (bijlage B1).

3.4. Belastingen door asfaltverharding

Voor de belasting door de asfaltverharding dient uitgegaan te worden van de ontwerpwaarde volgens de ROK, de werkelijk aanwezige dikte en/of de gewenste dikte van de asfaltverharding.

Aandachtspunten voor de werkelijk aanwezige belasting door asfaltverharding:
- In veel gevallen is er bij kunstwerken uit de periode 1960-1980 origineel een dikte van de asfaltverharding van 50-70 mm toegepast. Deze hoeft niet meer aanwezig te zijn.
- De werkelijke dikte van de asfaltverharding kan groter zijn dan de ontwerpwaarde.
- In zowel langs- als dwarsrichting kunnen discontinuïteiten voorkomen.
- Bij een visuele inspectie kan de dikte van de asfaltverharding bij de randconstructies (schampkanten) worden ingeschat.
- Door de toegepaste zeeg kan de dikte van de asfaltverhardingen nabij de opleggingen aanzienlijk groter zijn dan in het midden van een overspanning. Dit komt vooral voor bij grote overspanningen.
- Door doorbuiging in het midden van de overspanning kan ook het omgekeerde voorkomen. Met name bij uitbouwbruggen is in het midden vaak een "zak" ontstaan welke is uitgevuld met asfaltbeton of (licht)beton.
- Een steunpuntzetting kan lokaal uitgevuld zijn met extra asfaltbeton om het ideale lengteprofiel te bewerkstelligen. Dit is niet zondermeer te verwaarlozen.

In het geval dat een te dikke asfaltverharding is aangebracht om het theoretisch gewenste lengteprofiel te krijgen kan deze worden vervangen door een min of meer vloeiende lijn welke het betonoppervlak zo goed mogelijk volgt. Voor het ontwerp hiervan dient hierbij wel rekening gehouden te worden met de eisen van rijcomfort.

3.5. Modellering

Voor de modellering van de bovenbouw van betonnen bruggen wordt onderscheid gemaakt in de volgende typen:
- Platen gewapende voorgespannen.
- Liggers
  - A massieve' doorsneden = plaatliggers (met druklaag), volstortliggers en T-contactliggers
  - B samengestelde sneden = omgekeerde T-liggers en T-randliggers met druklaag
  - C kokerliggers
  - D overige liggertypen zoals T-liggers met tussenstort en Preflex-balken.
- Dozen: onderdoorgangen en duikers: gronddekking bepaalt modelvorm.
- Kokers: grootschallige enkelcellige of dubbelcellige kokerconstructies eventueel met een uitbouwdeel.

Voor een "standaard" verificatieberekening wordt voor de modellering onderscheid gemaakt in:
- Model met staafelementen (ligger).
- Plaat met orthotrope of isotrope eigenschappen.
- Plaat met centrische ribben.
- Plaat met excentrische ribben.
- Model met schaalelementen.

In de laatste kolom van de tabel is een modellering met volume elementen opgenomen. Bij constructies waar de krachtswerking sterk door de geometrie wordt beïnvloed kan deze methode worden gebruikt voor nauwkeurige analyses. Voor de toetsing van de doorsneden wordt echter gebruik gemaakt van snedekrachten en dienen de spanningen over de desbetreffende doorsnede geïntegreerd te worden. Het betreft echter een methode waar relatief weinig ervaring mee is en waarbij het vertalen naar snedekrachten specifieke aandacht vergt. Dit stelt specifieke eisen aan zowel de ervaring van de constructeur als de validatie van het model en de resultaten. Daarnaast is het doorrekenen van 3D volume modellen een intensieve exercitie die de nodige rekencapaciteit vraagt.

Voor de plaat en schaalelementen dienen elementen van het type Mindlin/Reissner te worden gebruikt waarbij aan de vrije randen het net is verfijnd over een breedte van de plaatdikte met elementgrootte plaatdikte/2.

Voor de verschillende genoemde typen mogen, rekening houdend met de kruisingshoek, de in de tabel groen gemarkeerde modelleringen worden gebruikt.

Wanneer bij een model met staafelementen de constructie niet voldoet aan situatie A1 (zie paragraaf 1.8) dient een verificatieberekening volgens een eindige elementenmethode te worden gemaakt met een model volgens tabel 3.1.

Tabel 3.1: constructietypen en modellen voor eindige elementenmethode.

Constructietype	Model met staaf-Elementen		Orthotrope/ isotrope plaat		Plaat met centrische ribben		Plaat met excentrische ribben		Model met schaal-elementen		Model met volume-elementen	
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Platen	++ (3)	(1)	+	+/0	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	+	+
Liggers:												
- 'massief'	++(4)	(1)	+	+/0	-	+	++	+	++	+	++	++
- samengesteld	++(4)	(1)	+	-	-	+	++	+	++	+	++	++
- kokervormig	++(4)	(1)	+	--	0/-	-	+	+/0	++	++	++	++
Kokers	++ (4)	(2)	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	+	+	++	++	++	++

Notatie: ++ = erg goed / + = goed / 0 = redelijk / - = onnauwkeurig / -- = zeer onnauwkeurig

Toelichting op tabel 3.1:
1. Bij een model met staafwerken dient de dwarskracht handmatig te worden bepaald.
2. Voor ééncellige kokers geldt dat beide wanden de helft van de dwarskracht dragen. Voor tweecellige kokers kan een verdeling over de wanden van 30%-40%-30% worden aangehouden. Als alternatief kan met een schalenmodel de verdeling over de wanden worden bepaald.
   De wringing dient handmatig in rekening te worden gebracht.
3. Alleen met kruisingshoek > 80^{gon}.

4. Alleen met kruisingshoek > 65^{gon}.

3.6. Verfijning

Binnen het rekenmodel kunnen verfijningen worden toegepast om de werkelijkheid dichter te benaderen.

De volgende verfijningen zijn gebruikelijk:
- Het aannemen van gescheurde stijfheden in langs en dwarsrichting.
- De Poissonverhouding gelijk aan nul (0) aannemen (NEN-EN 1992-1-1, 3.1.3(4)).
- De veerstijfheid van de opleggingen in rekening brengen.
- De afmetingen en het aantal opleggingen in rekening brengen.
- Reduceren van pieken in momentenlijnen. Bijvoorbeeld door verdeelde belastingen in plaats van puntlasten te gebruiken.
- Herverdeling van momenten tussen steunpunt en veld en omgekeerd met gebruikmaking van bijbehorende momenten (tot 20%).

Veerstijfheid
Bij rubber opleggingen kan uitgegaan worden van een vervorming (onder permanente belasting) van 1 mm en bij starre (stalen) opleggingen van 0,1 mm. De gebruikte stijfheden dienen onderbouwd te worden en de invloed van een variatie onderzocht. Indien verschillende opleggingen zijn toegepast dient dit meegenomen te worden.

Gescheurde stijfheid
Bij gewapend beton kan gerekend worden met gescheurde stijfheden en een poissonverhouding van nul (0). Hierdoor vindt herverdeling plaats van buigende momenten en zal het wringmoment afnemen. Bij platen hoeft hierbij de verdeelwapening niet te voldoen aan het minimum wapeningspercentage. Hierdoor zullen in het bezwijkstadium in langsrichting (in dezen de x-richting genoemd) enkele grote scheuren ontstaan. Zolang echter de belasting in de hoofdrichting van de wapening kan worden afgedragen is dit acceptabel.
Voor de gescheurde stijfheid kan initieel tabel NB-1 uit de nationale bijlage van NEN-EN 1992-1-1 worden aangehouden. Indien de rekenwaarde van het moment in dwarsrichting (M_{yd}) dan nog groter is dan de bezwijksterkte in dwarsrichting (M_{yu}) dient de stijfheid in deze richting dusdanig verder te worden verlaagd totdat M_{yd} gelijk is aan M_{yu}.
Bij een orthogonaal gewapend rijdek dient M_{yu} te worden bepaald aan de hand van de ontbondende in y-richting van de dwars- c.q. verdeelwapening (zie ook paragraaf 3.2). De ontbondende in de x-richting van de dwars- c.q. verdeelwapening mag echter niet gesommeerd worden bij de hoofdwapening.
Zolang de verhoogde belasting in de hoofdrichting van de wapening kan worden gedragen is deze benadering acceptabel en mag geconcludeerd worden dat de constructie voldoet.

3.7. Inhoud verificatieberekening

Een standaard verificatieberekening van de bovenbouw bepaalt het hoogste veiligheidsniveau.

Indien niet anders overeengekomen dienen situatie AI en indien nodig situatie AII en AIII te worden beschouwd (paragraaf 1.8).

Uitgangspunten:
- De keuze voor het rekenmodel is gemaakt;
- Het archiefonderzoek en de constructieve inspectie zijn uitgevoerd;
- De uiterste grenstoestanden (inclusief vermoeiing) worden geverifieerd.

Het hoogste veiligheidsniveau wordt bepaald waarbij alle mogelijke verfijningen worden uitgevoerd.

3.8. Presentatie resultaten

De presentatie van een verificatieberekening dient te voldoen aan de Resultaatsbeschrijving Rekenwerk volgens hoofdstuk 3 van de Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten (RTD 1004:2012). Zie bijlage B5 voor het meest relevante deel uit deze resultaatbeschrijving.

Belangrijke aandachtspunten:
- Expliciet vastleggen van gebruikte informatie.
- Verantwoording van keuzen.

Structuur van het berekeningsrapport (aanvulling op paragraaf 3.3 Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten):

0.	Voorblad	
	Constructieberekening	Project / Naam van het kunstwerk
		Archiefcode (vroegere topcode) van het kunstwerk
		Documentnummer
	Registratie/controle	Naam, datum, paraaf van de constructeur
		Naam, datum, paraaf van de controleur
		Naam, datum, paraaf van de projectleider
		(of volgens deelprojectkwaliteitsplan)
1.	Inhoudsopgave	
2.	Inleiding	Aanleiding van de herberekening
		Doel van de herberekening
		Classificatie van de constructie (gevolgklasse)
3.	Randvoorwaarden	Beschikbare gegevens
	en uitgangspunten	Basisgegevens kunstwerk (inclusief randvoorden)
		Normen, richtlijnen en voorschriften
		Rekenprogrammatuur
4.	Materiaalgegevens	Beton
		Betonstaal en voorspanstaal
		Opleggingen
		Grond
		Overige materialen
5.	Belastingen en	Belastingfactoren (blijvend/veranderlijk)
	belastingcombinaties	Partiële factoren
		Belastingscombinaties
6.	Modellering	Modellering
7.	Berekeningen	Validatie van het model
		Analyse model eindige elementenmethode
		Resultaten
8.	Verificatie	Maatgevende sneden
9.	Controle	Aantonen juistheid

Voor aanvullende onderdelen en achtergronden per hoofdstuk in deze structuur van het berekeningsrapport wordt verwezen naar hoofdstuk 3 van de Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten.

Structuur en eisen bij berekeningen volgens de eindige elementenmethode

In de richtlijn Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten en ook het Compendium Aanpak Constructieve Veiligheid [Betonvereniging, 2011] is veel aandacht besteed aan het inzichtelijk presenteren van berekeningen volgens de eindige elementenmethode. Hiertoe is in de Resultaatbeschrijving Rekenwerk (hoofdstuk 3 van Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten) een aan te houden structuur gepresenteerd in het geval van ontwerpberekeningen, welke grotendeels ook is toe te passen bij verificatieberekeningen. Deze structuur is opgenomen in bijlage B5.

Aanvullende bepalingen bij verificatieberekeningen

Inleiding
In samenhang met het doel van de verificatieberekening moet worden beschreven wat de aanleiding vormt tot de verificatieberekening. Dit kan zijn het wijzigen van de geometrie, modellering, materiaaleigenschappen (beschadiging en/of aantasting), belastingen, restlevensduur (verlengen of bepalen ervan) of mogelijk nog een andere reden hebben.

Randvoorwaarden en uitgangspunten
Normen, richtlijnen en voorschriften
In aanvulling op hetgeen leidend is bij nieuwe kunstwerken, moeten ook de oude richtlijnen waarmee de oorspronkelijke constructie is berekend worden genoemd en of/hoe hier in de verificatieberekening mee wordt omgegaan.

Materiaalgegevens
De materiaalgegevens moeten aan de hand van originele gegevens (bestekken, tekeningen of berekeningen) en/of inspecties, en metingen zijn bepaald. Deze achtergrond en de bepaling van rekenwaarden moet zijn toegelicht.

Materiaalfactoren
Er dient voor zowel de bestaande berekening(en) als herberekening te worden aangeven met welke partiële factoren is/wordt gerekend. Bij de verificatieberekening is daarmee ook het niveau (nieuwbouw-/verbouw-/afkeurniveau) vastgelegd.

Beschrijving van het kunstwerk
Aan de hand van de beschikbare gegevens dient er een constructieve beschrijving te worden gemaakt van (de staat van) het kunstwerk.

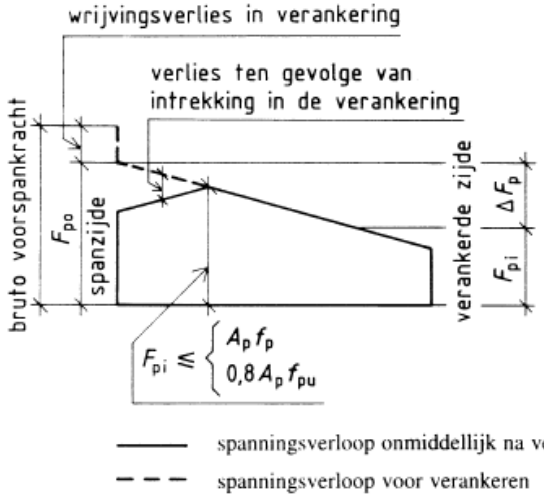
Belastingen
Het is van belang de aangehouden belastingen overzichtelijk weer te geven. Dit geldt vooral voor de tandemstelsels van de verkeersbelasting: de spreiding van belasting door asfaltverharding en beton, en de toepassing van middeling in het rekenmodel.

Momenten
Behalve de wapeningsmomenten m^*_{xx} en m^*_{yy} moeten ook de plaatmomenten m_{xx}, m_{yy}, en m_{xy} zichtbaar worden gemaakt in de uitvoer.

BIJLAGE B1

OUDE NORMEN

In hoofdstuk 2 zijn de maximale aanvangsvoorspanningen gegeven. In de VBC 1995 is dit aangeduid met F_{pi}. In de Eurocode wordt da aanvangskracht als functie van de ontwikkelde lengte gegeven ($P_{m0(x)}$).



VB 74/84	VB74/84 in VBC notatie	VBC
$\sigma_{p0} = 0{,}75 f_{pk} \leq 0{,}9 \sigma_{p0,1k}$	$\sigma_{pi} = 0{,}825 f_{pu} \leq 0{,}99 f_p$	$\sigma_{pi} = 0{,}8 f_{pu} \leq f_p$

Voor staven geldt in ROBK versies 1 en 2 een afwijkende eis:

VB 74/84 + ROBK1/2	VB74/84 in VBC-notatie	VBC + ROBK6
$\sigma_{p0} = 0{,}75 f_{pk} \leq 0{,}8 \sigma_{p0,1k}$	$\sigma_{pi} = 0{,}825 f_{pu} \leq 0{,}88 f_p$	$\sigma_{pi} = 0{,}8 f_{pu} \leq 0{,}9 f_p$

De verzwaarde eis is gesteld naar aanleiding van opgetreden schade. Bij spannen bleken staven tot in de horizontale vloeitak te kunnen worden gespannen:
De brief waarin de toelaatbare aanvangsspanning voor staven verlaagd werd dateert van 3 februari 1983.
In ROBK 3 (20 juni 1995 tot 7 mei 1997) is de eis voor staven niet opgenomen.
Vanaf ROBK 4 was wel een aangepaste VBC-eis voor staven geldig van $0{,}9 \times f_p$ in plaats van f_p.
In ROBK 5 was een aangepaste eis voor staven geldig: $\sigma_{pi} = 0{,}8 f_{pu} \leq 0{,}9 f_p$

Voor de extra voorspanning ter opheffing van direct optredende verliezen geldt:
VB 74/84: 10% (ROBK 1 en 2: niet toegestaan als voorspanstaal niet te vervangen is. Dit is het geval bij toepassen van blinde ankers).
VBC 1995: Afhankelijk van de verhouding f_p/f_{pu}. Voor draden en strengen (Fep 1670, 1770 of 1860) geldt dan ongeveer 9%.

Maximaal toegestane werkvoorspanning conform VB 74/84: $\sigma_{pw} \leq 0{,}65 f_{pk}$.

Dit is in VBC-notatie dan: $\sigma_{pw} \leq 0{,}715 f_{pu}$

In de VBC 1995 is de eis voor de maximale grootte van de werkvoorspanning vervallen. Wel dient te worden nagegaan of de spanning in het voorspanstaal in de BGT niet te hoog kan oplopen, vooral bij gedeeltelijke voorspanning. Deze controle is nodig omdat de spanningstoename in het staal bij gescheurd beton over het algemeen groter is dan bij ongescheurd beton. Uit diverse controle-berekeningen is gebleken dat het laten vervallen van de eis aan werkspanning verantwoord is, omdat de staalspanningstoename niet zo groot kan worden dat de 0,1%-rekgrens wordt bereikt [ref: CUR94-13: Achtergronden bij VBC 1990].

D. Overige karakteristieken:

Elasticiteitsmodulus:	VB 74/84	$E_p = 2{,}1*10^5$ N/mm^2
	VBC 1995	$E_p = 2{,}0*10^5$ N/mm^2
Uitzettingscoëfficiënt:	VB 74/84	$\alpha = 12*10^{-5}$ C^{-1}
	VBC 1995	$\alpha = 10*10^{-5}$ K^{-1}

Relaxatie

Voor het bepalen van de relaxatie kunnen de gegevens uit het ontwerp gebruikt te worden. Indien deze niet beschikbaar is dient de relaxatie te worden bepaald volgens de vigerende norm te tijde van het ontwerp.

RVB 1962 en RVB 1967

Voor de in rekening te brengen relaxatie (in %) van de aanvangsspanning gelden de waarden uit tabel A-1.

Tabel B1-1

Na het afspannen in rekening te brengen krimp- en kruip verkorting	De aanvangsspanning		
	0,55 σ_{ar}	0,60 σ_{ar}	0,65 σ_{ar}
$0*10^{-5}$	12	14	16
$30*10^{-5}$	10	12	14
$60*10^{-5}$	8	10	12
$90*10^{-5}$	6	8	10

VB 74/84

$$\Delta\sigma_p = 3\ \Delta\sigma_{p,1000}\left(1 - 2\frac{\Delta\sigma_{p,r+j}}{\sigma_{p,0}}\right) \text{ (art. A 201.2.3)}$$

$\Delta\sigma_p$ = spanningsverlies ten gevolge van relaxatie;
$\Delta\sigma_{p,0}$ = de aanvangsspanning in het voorspanstaal;
$\Delta\sigma_{p,1000}$ zuivere relaxatie na 1000 u (NEN 3868, december 1975)
$\Delta\sigma_{p,r+j}$ spanningsverlies t.g.v. krimp en kruip van het beton.

Voor de relaxatie na 1000 uur geldt tabel A-2 (NEN 3868, 1975).

Tabel B1-2

VB 74 en VB 74/84	$Ds_{p,}$1000 in % van de aanvangsspanning	
Aanvangsspanning als % van f_{pu}	Relaxatieniveau	
	1	2
60	4,5	1
70	8	2
80	12	4,5

Waarin: *f_{pu} = bij de proef gevonden werkelijke treksterkte*
Relaxatieniveau 1 = koudgetrokken draden en strengen
Relaxatieniveau 2 = warmbehandelde draden en strengen alsmede staven

De NEN 3868 (1e druk, december 1975) is in 1988 vervangen door NEN 3868 (2e druk, juni 1988). Laatstgenoemde was enkel geldig voor voorspandraden en -strengen die vervaardigd zijn uit koudgetrokken walsdraad dat thermisch werd nabehandeld. De waarden voor de relaxatie zijn nagenoeg gelijk aan relaxatieniveau 2 uit Tabel 4-12.

De relaxatie van Dywidag-staven volgens de ROBK versie 2 (in versie 1 is geen richtlijn voor relaxatie opgenomen). Voor Dywidag-staven dient, in afwijking van NEN 3880 en NEN 3868, de werkelijke relaxatie na 500.000 uren in rekening te worden gebracht in plaats van 3 x $Ds_{p,1000}$. Indien geen nadere gegevens bekend zijn moet voor de relaxatie na 500.000 uren de waarden van tabel A-3 zijn aanhouden:

Tabel B1-3

Aanvangsspanning als % van f_{pu}	Relaxatie na 500.000 uren als % van de aanvangsspanning
60	4
70	6
75	7,5

<u>VBC 1995</u>

$$Ds_p = 3 \; Ds_{prel}\left(1 - 2\frac{Ds_{pkr}}{s_{pi}}\right)$$

Ds_p spanningsverlies ten gevolge van relaxatie;
Ds_{prel} maximale relaxatie na 1000 u volgens 6.3.6 NEN 6720;
Ds_{pkr} spanningsverlies in het staal door krimp en kruip van het beton.

Voor de relaxatie na 1000 uur geldt tabel A-4.

Tabel B1-4

Aanvangsspanning als % van $f_{pu;rep}$	$\Delta\sigma_{prel}$ als % van de aanvangsspanning	
	draden en strengen	staven
60	1,5	1,5
70	2,5[1]	4,0
80	4,5	7,0

[1] *In VBC 1990 2,0 in plaats van 2,5 aangehouden.*

Draden en strengen zijn meestal koudgetrokken en zodoende kunnen de huidige draden en strengen het beste vergeleken worden met het relaxatieniveau 1 van de VB 74/84 en de huidige staven met het oude relaxatieniveau 2.

Vergelijking van RVB 1962/1967, VB 74/84 en VBC 1995

Om de RVB 1962/1967 met de VB 74/84 en VBC 1995 te kunnen vergelijken, zijn de aanvangsspanningen voor de VB 74/84 en de VBC 1995 zodanig gegeven dat deze overeenkomen met de in de RVB 1962/1967 gehanteerde definitie van de aanvangsspanning. In kolom 3 is aangegeven welke waarden voor relaxatie volgens de RVB mogelijk waren. De grootte was grotendeels afhankelijk van de na het spannen in rekening te brengen krimp en kruip verliezen. Omdat in de formule van de VB 74/84 en de VBC1995 een factor 3 is verwerkt, zijn alle waarden uit de RVB 1962/ 1967 door 3 gedeeld om deze zodoende te kunnen vergelijken.

De waarden uit de RVB 1962/1967 komen redelijk overeen met de waarden uit de VB 74/84 voor relaxatieniveau 1. De meeste oude voorspanstaalsoorten zijn ook koud getrokken vervaardigd, hetgeen overeenkomt met relaxatieniveau 1. Zie tabel A-5

Tabel B1-5

		RVB	VB 74(/84)		VBC	
Aanvangsspanning als % van $f_{pu;rep}$	Aanvangsspanning als % van σ_{ar}(RVB)	Relaxatie volgens de RVB	$\Delta\sigma_{p,1000}$ als % van aanvangsspanning		$\Delta\sigma_{prel}$ als % van aanvangsspanning	
			relaxatieniveau 1	2	draden en strengen	Staven
60	55	2 – 4	4,5	1,0	1,5	1,5
70	64	3,3 - 5,3	8,0	2,0	2,5	4,0
80	73	-	12	4,5	4,5	7,0

Bij vergelijking van VB 74/84 met de VBC valt op dat voor draden en strengen de aan te houden waarden zijn afgenomen. Dit houdt in dat staal dus blijkbaar minder gevoelig voor relaxatie is geworden. Bij staven zijn de waarden juist toegenomen. Blijkbaar werd er in de VB 74/84 te gunstig gerekend voor staven.

De toelaatbare aanvangsvoorspanning van VB 74/84 vergeleken met VBC 1995:

VB 74/84	VB74/84 in VBC notatie	VBC
$\sigma_{p0} = 0{,}75f_{pk} \leq 0{,}9\sigma_{p0,1k}$	$\sigma_{pi} = 0{,}825f_{pu} \leq 0{,}99f_p$	$\sigma_{pi} = 0{,}8f_{pu} \leq f_p$

Opmerking: $f_{pu} = f_{pk} / 1{,}1$ (VB 74/84 hanteerde nog een overall veiligheid van 1,7)

Voor staven geldt in ROBK versies 1 en 2 een afwijkende eis:

VB 74/84 + ROBK1/2	VB74/84 in VBC-notatie	VBC + ROBK6
$\sigma_{p0} = 0{,}75 f_{pk} \leq 0{,}8 \sigma_{p0,1k}$	$\sigma_{pi} = 0{,}825 f_{pu} \leq 0{,}88 f_p$	$\sigma_{pi} = 0{,}8 f_{pu} \leq 0{,}9 f_p$

De verzwaarde eis is gesteld naar aanleiding van opgetreden schade. Bij spannen bleken staven tot in de horizontale vloeitak te kunnen worden gespannen:
- De brief waarin de toelaatbare aanvangsspanning voor staven verlaagd werd dateert van 3 februari 1983.
- In ROBK 3 (20 juni 1995 tot 7 mei 1997) is de eis voor staven niet opgenomen.
- Vanaf ROBK 4 was wel een aangepaste VBC-eis voor staven geldig van $0{,}9 x f_p$ in plaats van f_p.
- In ROBK 5 was een aangepaste eis voor staven geldig: $\sigma_{pi} = 0{,}8 f_{pu} \leq 0{,}9 f_p$

Voor de extra voorspanning ter opheffing van direct optredende verliezen geldt:
- VB 74/84: 10% (ROBK 1 en 2: niet toegestaan als voorspanstaal niet te vervangen is. Dit is het geval bij toepassen van blinde ankers).
- VBC 1995: Afhankelijk van de verhouding f_p/f_{pu}. Voor draden en strengen (Fep 1670, 1770 of 1860) geldt dan ongeveer 9%.

Maximaal toegestane werkvoorspanning conform VB 74/84: $\sigma_{po} \leq 0{,}65\ f_{pk}$ (in VBC-notatie $\sigma_{pw} \leq 0{,}715\ f_{pu}$).In de VBC 1995 is de eis voor de maximale grootte van de werkvoorspanning vervallen. Wel dient te worden nagegaan of de spanning in het voorspanstaal in de BGT niet te hoog kan oplopen, vooral bij gedeeltelijke voorspanning. Deze controle is nodig omdat de spanningstoename in het staal bij gescheurd beton over het algemeen groter is dan bij ongescheurd beton. Uit diverse controle-berekeningen is gebleken dat het laten vervallen van de eis aan werkspanning verantwoord is, omdat de staalspanningstoename niet zo groot kan worden dat de 0,1%-rekgrens wordt bereikt [referentie: CUR94-13: Achtergronden bij VBC 1990].

De berekening van de verliezen door krimp en kruip is grotendeels gelijk in de VB 74/84 en de VBC 1995. In de RVB 1962/1967 werd wel een afwijkende bepaling van krimp en kruip toegepast.

BIJLAGE B2

MODELVERFIJNING

Schematisatie met orthotrope eigenschappen

In veel gevallen is het noodzakelijk om met orthotrope plaat eigenschappen te rekenen. Hierbij worden verschillende stijfheden in lang- en dwarsrichting in rekening gebracht waardoor de werkelijkheid beter wordt benaderd. Bijvoorbeeld bij verschillende constructiehoogten in langs- en dwarsrichting, volstortliggers, druklagen of onvoldoende wapening in dwarsrichting.

Hieronder wordt voor een aantal constructietypen beschreven hoe deze orthotrope parameters worden bepaald.

Gewapende plaat

Wanneer de momentcapaciteit in dwarsrichting onvoldoende is ($M_{uy}<M_{dy}$) dient gerekend te worden met verschillende stijfheden in lang- en dwarsrichting. Wanneer de stijfheid in dwarsrichting afneemt ten opzichte van de stijfheid in langsrichtng zal het wapeningsmoment in dwarsrichting afnemen en in langsrichting toenemen.
Voor de gescheurde stijfheden kunnen initieel de waarden volgens tabel NB1 van de NEN-EN 1992-1-1 worden genomen. Bij het bepalen van de wapeningspercentages wordt alleen de wapening meegenomen die op trek wordt belast. Voor het beton wordt een poissonverhouding van v=0 aangehouden conform artikel 3.1.3(4) van de NEN-EN 1992-1-1. Voor het bepalen van de wringstijfheid wordt een additionele reductiefactor van 0,4 toegepast.
Opmerking: Wanneer de momentcapaciteit in dwarsrichting nog steeds onvoldoende is dient de stijfheid nog verder te worden gereduceerd (tot een maximum van de wapeningsverhouding).

<u>Voorbeeld</u>
Gewapende plaat

Constructiehoogte	*h= 500mm,*
Betonkwaliteit	*C35/45*
Langswapening	*ϕ16-130*
Dwarswapening	*ϕ12-150*

<u>Bepalen parameters</u>

Eigenschappen gewapende plaat

Poissonverhouding $\nu_{12} := 0 \qquad \nu_{21} := 0$

Breedte $b := 1000\,mm$

Constructiehoogte $h := 500\,mm$

Wapening in langsrichting $f_1 := 32\,mm \quad hoh_1 := 130\,mm$

Wapening in dwarsrichting $f_2 := 16\,mm \quad hoh_2 := 100\,mm$

Oppervlakte wapening langsrichting $A_{s1} := \frac{b}{hoh_1}\frac{1}{4}\pi\,(f_1)^2 = 6.187 \cdot 10^3\,mm^2$

Oppervlakte wapening dwarsrichting $A_{s2} := \frac{b}{hoh_2}\frac{1}{4}\pi\,(f_2)^2 = 2.011 \cdot 10^3\,mm^2$

Wapeningspercentage langsrichting $\rho_1 := \frac{A_{s1}}{b\,h} = 1.237\,\%$

Wapeningspercentage dwarsrichting $\rho_2 := \frac{A_{s2}}{b\,h} = 0.402\,\%$

Fictieve elasticiteitsmodulus langsrichting $E_{f1} := (3.10 + 670\rho_1)\,10^3 MPa = 1.139 \cdot 10^4\,MPa$

Fictieve elasticiteitsmodulus dwarssrichting $E_{f2} := (3.10 + 670\rho_2)\,10^3 MPa = 5.794 \cdot 10^3\,MPa$

Traagheidsmoment langsrichting $I_x := \frac{1}{12}\,b\,h^3 = 0.01\,m^4$

Traagheidsmoment dwarsrichting $I_y := \frac{1}{12}\,b\,h^3 = 0.01\,m^4$

Torsietraagheidmoment $I_t := \frac{1}{6}b\,h^3 + \frac{1}{6}\,b\,h^3 = 0.042\,m^4$

Parameters orthotropie

<u>Stijfheidsfactoren</u>

$$G_{12} := \frac{\sqrt{E_{f1}\,E_{f2}}}{2\,\left(1 + \sqrt{\nu_{12}\,\nu_{21}}\right)} = 4.062 \cdot 10^3\,MPa$$

$$G_{13} := \frac{E_{f1}}{2\,(1 + \nu_{12})} = 5.695 \cdot 10^3\,MPa$$

$$G_{23} := \frac{E_{f2}}{2\,(1 + \nu_{12})} = 2.897 \cdot 10^3\,MPa$$

<u>Buiging</u>

$$D_{11} := \frac{E_{f1}\,I_x}{b\,\left(1 - \nu_{12}\,\nu_{21}\right)} = 118.645\,MN\,m$$

$$D_{22} := \frac{E_{f2}\,I_y}{b\,\left(1 - \nu_{12}\,\nu_{21}\right)} = 60.357\,MN\,m$$

$$D_{12} := \nu_{21}\,D_{11} = 0$$

<u>Torsie</u>

$$D_{33} := 0.4\frac{1}{4}\frac{G_{12}\,I_t}{b} = 16.925\,MN\,m$$

<u>Afschuiving</u>

$$D_{44} := G_{13}\,h = 2.847 \cdot 10^3\,\frac{MN}{m}$$

$$D_{55} := G_{23}\,h = 1.449 \cdot 10^3\,\frac{MN}{m}$$

Voorgespannen plaat
Een in langsrichting voorgespannen plaatviaduct wordt tevens als orthotrope plaat geschematiseerd. Deze zal in langsrichting ongescheurd en in dwarsrichting gescheurd verondersteld dienen te worden. Voor de stijfheid in langsrichting dient een fictieve E van ongescheurd beton aangehouden te worden bepaald met $E_{fic}= f_{cd}/1{,}75$ ‰. De stijfheid in dwarsrichting wordt bepaald conform tabel NB1 van de NEN-EN 1992-1-1. Het toepassen van deze fictieve stijfheden zal tot een stijfheidsverhouding tussen langs en dwarsrichting leiden van ca.2:1.

Omgekeerde T-liggers met druklaag
Er zijn verschillende manieren om dit type constructie te modelleren. Zoals in paragraaf 3.5 is aangegeven wordt de krachtswerking van dit type constructie het beste benaderd door deze als een plaat met excentrische ribbe te schematiseren. De liggers worden hierbij ongescheurd verondersteld en de druklaag ongescheurd in langsrichting en gescheurd in dwarsrichting. Om deze rede wordt de druklaag ook als orthotrope plaat beschouwd. De stijfheden worden op analoge wijze bepaalde als bij een voorgespannen plaat. Voor zowel de ligger als druklaag in langsrichting worden fictieve stijfheden aangehouden en bepaald met $E_{fic}= f_{cd}/1{,}75$ ‰. De stijfheid in dwarsrichting voor alleen de druklaag wordt bepaald conform tabel NB1 van de NEN-EN 1992-1-1.

Liggers met een drukvullaag (volstortliggers)
Prefab liggers met een zogenaamde drukvullaag dienen als orthotrope plaat te worden gemodelleerd. In langsrichting wordt de stijfheid van de samengestelde doorsnede in rekening gebracht. In dwarsrichting dient de constructiehoogte van alleen de druklaag aangehouden te worden met een gescheurde stijfheid van de druklaag. Ook hierbij zullen fictieve stijfheden gebruikt worden in langsrichting bepaald met $E_{fic}= f_{cd}/1{,}75$ ‰ en in dwarsrichting bepaald conform tabel NB1 van de NEN-EN 1992-1-1. Voor het bepalen van de wringstijfheid wordt een additionele reductiefactor van 0,4 toegepast.

Voorbeeld

Liggers met drukvullaag	
Constructiehoogte langsrichting	h= 900mm
Constructiehoogte dwarsrichting	h= 765mm
Betonkwaliteit ligger	C55/67
Betonkwaliteit druklaag	C30/37
Wapening in de dwarsrichting	ϕ32-300
Elasticiteitsmodulus ligger	$E_{ligger}= 38000$ MPa
Elasticiteitsmodulus druklaag	$E_{druklaag}= 33000$ MPa
Traagheidmoment ligger	$I_{ligger}= 23{,}10\ 10^9$ mm^4
Traagheidmoment druklaag	$I_{druklaag}= 35{,}67\ 10^9$ mm^4
Relatieve zwaartepunt ligger	$z_{ligger}= 151{,}12$ mm
Relatieve zwaartepunt druklaag	$z_{druklaag}= -90{,}29$ mm

LET OP: Hierbij worden de verschillende stijfheden van de ligger en druklaag in rekening gebracht met hierbij de traagheidsmomenten t.o.v. het zwaartepunt van de samengestelde doorsnede.

Eigenschappen volstortligger

Poissonverhouding $\nu_{12} := 0 \qquad \nu_{21} := 0$

Breedte $b := 1000\text{mm}$

Constructiehoogte $h_1 := 900\text{mm} \qquad h_2 := 765\text{mm}$

Wapening in dwarsrichting $f_2 := 32\text{mm} \qquad hoh_2 := 300\text{mm}$

Oppvervlak ligger langsrichting $A_{1_ligger} := 3.689 \cdot 10^5 \text{mm}^2$

Oppvervlak druklaag langsrichting $A_{1_druklaag} := 7.111 \cdot 10^5 \text{mm}^2$

Oppvervlak druklaag dwarsrichting $A_{2_druklaag} := b\, h_2 = 7.65 \cdot 10^5\ \text{mm}^2$

Oppervlakte wapening dwarsrichting $A_{s2} := \frac{b}{hoh_2} \frac{1}{4} \pi \left(f_2\right)^2 = 2.681 \cdot 10^3\ \text{mm}^2$

Wapeningspercentage dwarsrichting $\rho_2 := \frac{A_{s2}}{A_{2_druklaag}} = 0.35\ \%$

Traagheidsmoment langsrichting $I_{1_ligger} := 0.0231\text{m}^4 \qquad I_{1_druklaag} := 0.0357\text{m}^4$

Traagheidsmoment druklaag dwarsrichting $I_{2_druklaag} := \frac{1}{12} b\, h_2^3 = 0.037\,\text{m}^4$

Torsietraagheidmoment $I_t := \frac{1}{6} b\, h_1^3 + \frac{1}{6} b\, h_2^3 = 0.196\,\text{m m}^3$

Relatieve zwaartepunt $z_{ligger} := 151.12\text{mm} \qquad z_{druklaag} := -90.29\text{mm}$

E fictief ligger langsrichting $E_{1_ligger} := \frac{55}{1.5\ 1.75} 10^3\text{MPa} = 2.095 \cdot 10^4\ \text{MPa}$

E fictief druklaag langsrichting $E_{1_druklaag} := \frac{30}{1.5\ 1.75} 10^3\text{MPa} = 1.143 \cdot 10^4\ \text{MPa}$

E samengesteld langsrichting $E_1 := \frac{E_{1_ligger} A_{1_ligger} + E_{1_druklaag} A_{1_druklaag}}{A_{1_ligger} + A_{1_druklaag}}$

E fictief druklaag dwarsrichting $E_2 := \left(2.85 + 670 \rho_2\right) 10^3\text{MPa} = 5.198 \cdot 10^3\ \text{MPa}$

Buigstijfheid langsrichting

$EI_1 := \left(I_{1_ligger} + z_{ligger}^2 A_{1_ligger}\right) E_{1_ligger} + \left(I_{1_druklaag} + z_{druklaag}^2 A_{1_druklaag}\right) E_{1_druklaag} = 1.135 \cdot 10^{15}\ \text{N mm}^2$

Buigstijfheid dwarsrichting $EI_2 := E_2 I_{2_druklaag} = 1.939 \cdot 10^{14}\ \text{N mm}^2$

Parameters orthotropie

Stijfheidsfactoren

$G_{12} := \frac{\sqrt{E_1 E_2}}{2\left(1 + \sqrt{\nu_{12} \nu_{21}}\right)} = 4.368 \cdot 10^3\ \text{MPa}$

$G_{13} := \frac{E_1}{2\left(1 + \nu_{12}\right)} = 7.341 \cdot 10^3\ \text{MPa}$

$G_{23} := \frac{E_2}{2\left(1 + \nu_{12}\right)} = 2.599 \cdot 10^3\ \text{MPa}$

Buiging

$D_{11} := \frac{EI_1}{b\left(1 - \nu_{12} \nu_{21}\right)} = 1.135 \cdot 10^3\ \text{MN m}$

$D_{22} := \frac{EI_2}{b\left(1 - \nu_{12} \nu_{21}\right)} = 193.924\ \text{MN m}$

$D_{12} := \nu_{21} D_{11} = 0$

Torsie $D_{33} := 0.4 \frac{1}{4} \frac{G_{12} I_t}{b} = 85.661\ \text{MN m}$

Afschuiving

$D_{44} := G_{13} h_1 = 6.607 \cdot 10^3 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$

$D_{55} := G_{23} h_2 = 1.988 \cdot 10^3 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$

Modelleren van dwarsdragers (eind- of tussendwarsdrager)

Het komt regelmatig voor dat plaatconstructies versterkt zijn met tussen-dwarsdragers en/of dat er bij de steunpunten dwarsdragers (oplegbalken) toegepast zijn. Het schematiseren van deze eind- of tussendwarsdragers in plaatdekken kan op verschillende manieren in een EEM-som gebeuren.

Platen met verwaarlozing van de dwarsdragers:
Dit is de snelste methode, maar onderschat de capaciteit van het dek sterk doordat het de gunstige werking van dwarsdragers volledig negeert. Als hiermee kan worden voldaan aan de eisen van constructieve veiligheid, is het akkoord.

Lokaal verdikken van platen:
Dit geeft een goede schematisatie, maar de daadwerkelijke krachten op de dwarsdragers is lastig uit het model te destilleren. Dit maakt deze methode relatief arbeidsintensief.

Platen met ribben:
Het gebruik van centrische ribben is niet aan te raden, omdat de positionering teveel afwijkt van de werkelijkheid. Derhalve moeten excentrische ribben gemodelleerd worden. Het nadeel is dat een wringend moment in de rib/verdikking optreedt.

NB: Dwarsdragers ter plaatse van de steunpunten (oplegbalk) hebben veelal een verlopende dikte. De onderzijde van oplegbalken is in de regel horizontaal terwijl de bovenzijde de verkanting van het dek volgt. Een minimale hoogte van de dwarsdrager is dan vaak maatgevend wat maakt dat het verwaarlozen van einddwarsdragers een aannemelijke oplossing is.

BIJLAGE B3

VEREDELD VOORSPANSTAAL

In aanvulling op NEN-EN 1992-1-1, art. 3.3.1.(2) wordt gewezen op het document 'Informatiebulletin 24'. Dit bulletin, van de voormalige Bouwdienst Rijkswaterstaat, beschrijft de toepassing van veredeld (bros) voorspanstaal. Dit staal heeft een verhoogd risico op waterstofverbrossing met als kenmerk dat er plotseling bezwijken kan optreden zonder waarschuwingsgedrag.

De toepassing bij enkele kunstwerken is bekend, maar er is nog geen volledig beeld. Daarom is een overzicht gegeven van mogelijk toegepaste systemen met de staalsoorten. De mogelijke kunstwerken zijn voornamelijk gebouwd in de periode 1955–1965, hoewel er ook nog een kunstwerk van begin jaren zeventig bekend is.

Indien bij een kunstwerk een verdacht voorspansysteem wordt aangetroffen, dient hiervan melding gemaakt te worden bij de contractmanager en de beheercommissie RBK. De constructieve veiligheid van het kunstwerk dient beoordeeld te worden.

Aanwijzingen voor eventuele toepassing van een van de hier beschreven systemen zijn te vinden in het bestek (inclusief wijzigingen) en/of op originele tekeningen. Bij twijfel dient altijd melding te worden gemaakt.

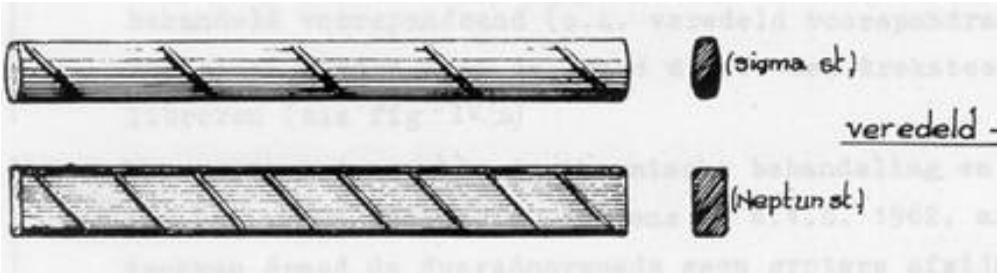
<u>Informatiebulletin nr. 24 Veredeld (bros) voorspanstaal</u>

Uit onderzoek is gebleken dat in meerdere kunstwerken van Rijkswaterstaat voorspanstaal is toegepast met een verhoogd risico op waterstofverbrossing. Het betreft zogenaamd veredeld (gehard en ontlaten) voorspanstaal gefabriceerd door Hüttenwerk Rheinhausen (Sigma) en de Firma Felten & Guilleaume (Neptun).

Spanningscorrosie door waterstofverbrossing kan leiden tot een brosse breuk van een voorspandraad, wat bros bezwijken van de constructie tot gevolg kan hebben. Dit bros bezwijken kan na tientallen jaren plots optreden. Het wel of niet aangetast zijn van het voorspanstaal door waterstofverbrossing is niet aan de buitenzijde te zien. Met nadruk wordt daarom gesteld dat het ontbreken van schades dus niet betekent dat het probleem niet aanwezig is. De kans op eventueel optreden van schade wordt onder meer bepaald door het productieproces, de omstandigheden tijdens de bouw en de mate van injectie van de voorspankanalen.

Omschrijving

Onderstaande figuur (B3-1) geeft een voorbeeld van een voorspandraad van de systemen Sigma en Neptun. Tabel B3-1 geeft per kenmerkende staalkwaliteit en fabrikant een overzicht van de rekgrens (treksterkte), de vorm en de afmeting.



Figuur B3-1: Voorbeeld van ovale draad, type Sigma en Neptun

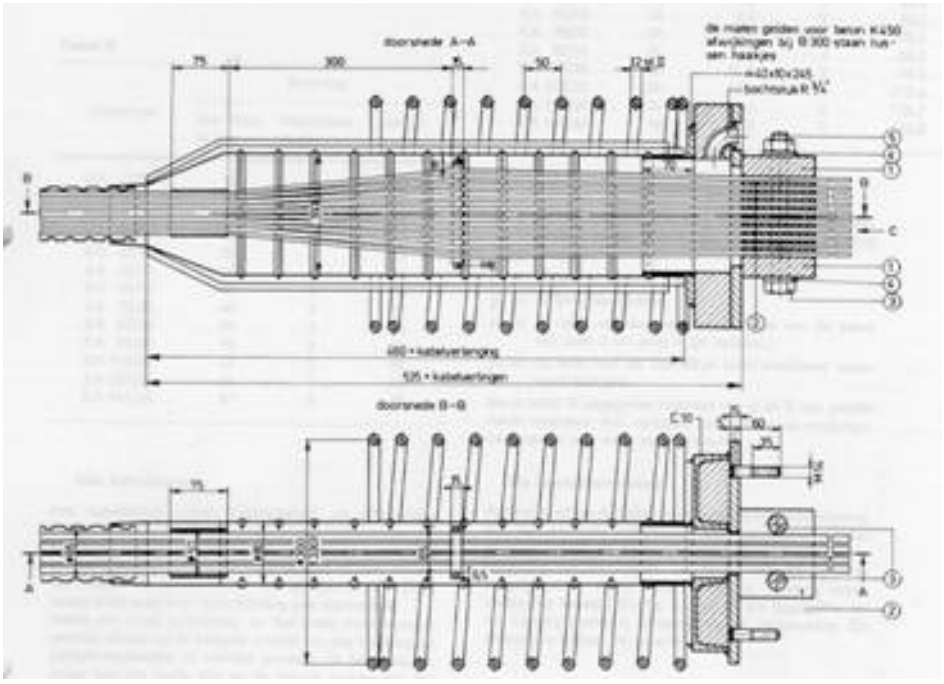
Tabel B3-1: Kenmerken voorspansystemen: staalkwaliteit, sterkte, vorm en afmeting

Staalkwaliteit	0,2xrekgrens/treksterkte [kg/mm^2]	Vorm	Afmetingen	Fabrikaat
QP 140	125/140	rond	10,6 tot 16	Sigma
QP 150	135/150	rond	7,1 tot 10,5	Sigma
QP 160	145/160	rond	5,2 tot 7,5	Sigma
QP 150	135/150	ovaal	4,2 x 9,5 = 40 mm^2 5,3 x 10,5 = 50 mm^2 5,9 x 11,5 = 60 mm^2	Neptun Neptun Neptun
QP 160	145/160	ovaal	3,0 x 6,7 = 20 mm^2 # 3,4 x 7,6 = 25 mm^2 # 3,6 x 8,4 = 30 mm^2 # 9,5 x 4,7 = 40 mm^2 # 5,3 x 10,5 = 50 mm^2 5,9 x 11,5 = 60 mm^2	Neptun Neptun Neptun Neptun Neptun Neptun
QP 160	145/160	ovaal	3,0 x 8,0 = 20 mm^2 4,2 x 9,0 = 30 mm^2 4,3 x 10 = 35 mm^2 4,5 x 11 = 40 mm^2	Sigma Sigma Sigma Sigma

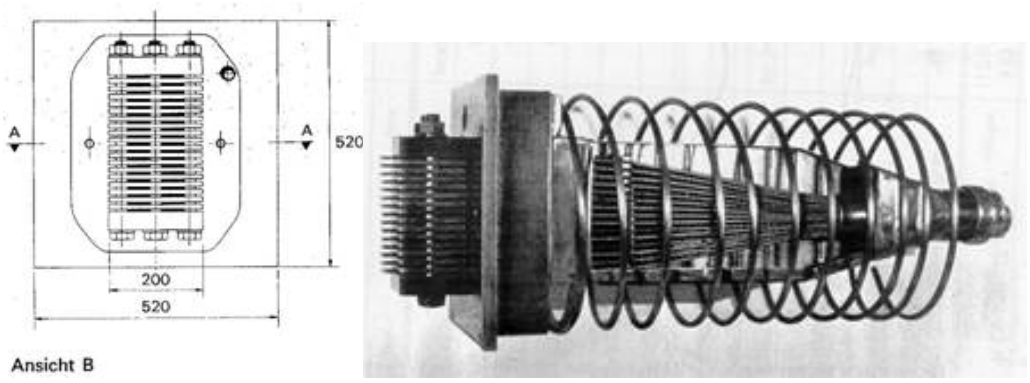
Staalkwaliteit uitgedrukt in QP = kg/m m^2 = 10 N/mm^2.
= soms andere afmetingen gegeven voor dezelfde staaldoorsnede.

Toegepaste systemen

<u>KA-systeem</u>
Voorspansysteem afkomstig van Philip Holzmann A.G. en in Nederland op de markt gebracht door Nederhorst N.V. te Gouda. Ook dit systeem werkt met (ovale) draden van 'Neptun' of 'Sigma' staal. Onderstaande figuren (C-2 en C-3) geven een principe weergave van de verankering van dit systeem.

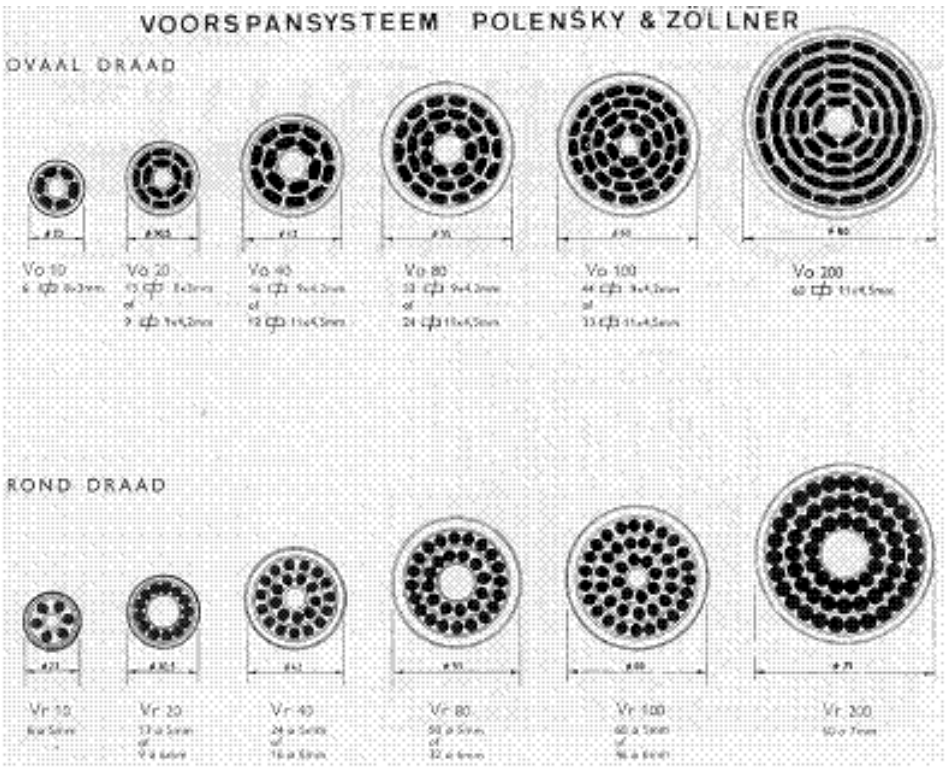


Figuur B3-2: Principe doorsnede verankering (KA 141/40)

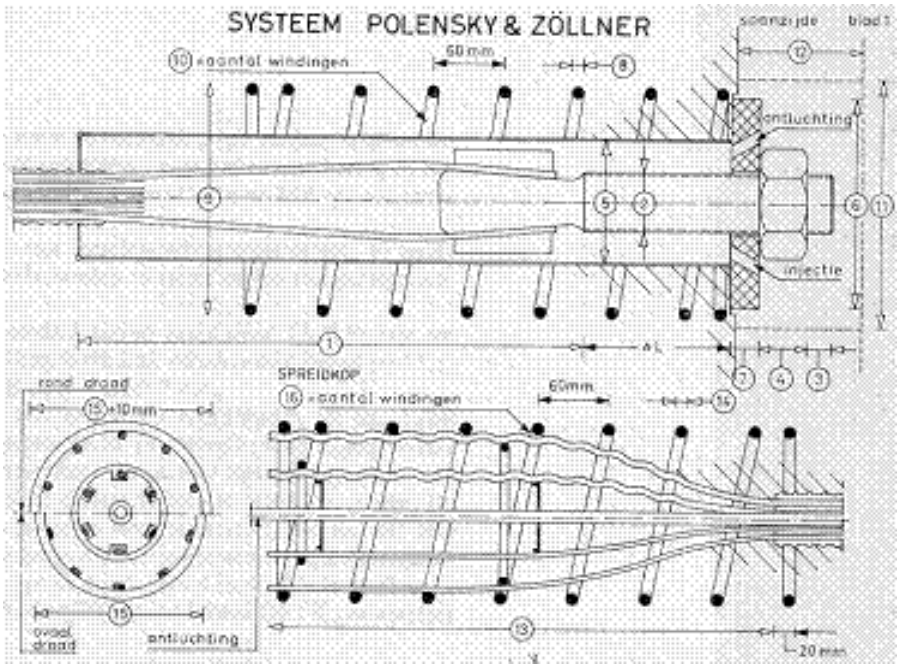


Figuur B3-3: Vooraanzicht en foto van een anker(kop)

<u>Systeem Polensky und Zöllner</u>
Geleverd in Nederland door (voormalig) Ingenieursburo Duyndam uit Den Haag, veel verwerkt door Albouw. Onderstaand zijn enkele onderdelen van het systeem weergegeven. Er werden ovale of ronde draden toegepast. Tot nu toe bij Rijkswaterstaat alleen toepassingen met ovale draden bekend.



Figuur B3-4: Doorsnede per type PZ-kabel



Figuur B3-5: Spanbare -en blinde verankering

Voorgerekt voorgespannen liggers

In verleden zijn voor meerdere kunstwerken ovaal geribde draden tevens toegepast bij voorgerekt voorgespannen liggers. Dit werd dan onder meer toegepast bij op het werk gefabriceerde liggers voor de brug over het kanaal van Steenenhoek en de aanbruggen bij de stormvloedkering te Capelle a/d IJssel.

Kunstwerken van Rijkswaterstaat met veredeld voorspanstaal

De toepassing van veredeld voorspanstaal is tot nu toe bekend bij de constructies in onderstaande tabel (C-2).

Tabel B3-2: Kunstwerken met toepassing van veredeld voorspanstaal

Topcode	*Naam*	*Type*
44D-106	Brug in RW27 over het Wilhelminakanaal	Polensky en Zöllner VO100
44D-114	Ongelijkvloerse kruising RW 27 spoorlijn Breda-Tilburg	Polensky en Zöllner VO100
38G-103#	Brug over het kanaal van Steenenhoek (RW27)	Draden type Neptun Oval 30
37H-003	JF Kennedyviaduct (over RW16 bij Brienenoord)	Polensky en Zöllner VO100
37E-109/110/ 112/113	Kleinpolderplein: KWO1, KWO2, KWO3, KWO4	KA-systeem KA 141/40
51G-107	Viaduct over de spoorweg Eindhoven-Weert	Polensky en Zöllner VO100

Alleen deel uit 1959.

BIJLAGE B4

TABEL VOORSPANSYSTEMEN

Tabel B4-1 Freyssinet en Dywidag

Systeem	Toegepast vanaf	Groepering	Staalopp. [mm2]	Staal-kwaliteit	Max. blijvende voor-spankracht (= 55%)	Max. aanvangsvoor-spankracht (= 65%)	Opmerking
Freyssinet	1960	Kabel: 12Ø5 (d)	236	QP150	190 kN (19,4 tf)		Na 1965 is QP 150 hiervoor niet meer veel toegepast.
				QP170	216 kN (22,0 tf)		
	1960	Kabel: 12Ø7 (d)	462	QP150	374 kN (38,1 tf)		
				QP170	424 kN (43,2 tf)		
'40-tons' kabels	1966	Kabel: 12Ø7 (d)	462	QP170	424 kN (43,2 tf)	500 kN (51 tf)	Netto intrekking normale verankering = 7 mm
	1966	Kabel: 12Ø7,5 (d)	530	QP170	486 kN (49,5 tf)	574 kN (58,5 tf)	Netto intrekking normale verankering = 7 mm
	1970?	Kabel: 12Ø8 (d)	603	QP170	549 kN (56 tf)	657 kN (67 tf)	
'100-tons' kabels	1960	Kabel: 12*1/2" (s)	1114	QP170	1020 kN (104tf)		
	1966	Kabel: 12*1/2" (s)	1114	QP190	1144 kN (116,6 tf)	1352 kN (137,8 tf)	Netto intrekking normale verankering = 14 mm
	1970	Kabel: 12*1/2" (s)	1116	QP190	1138 kN (116 tf)	1352 kN (137,8 tf)	
		Kabel: 12*0,6" (s)	1776	QP180	1699 kN (173,2 tf)	2040 kN (208 tf)	
Dywidag	1955?	Staven: Ø26	531	QP 60/90	258 kN (26,3 tf)		Van twee viaducten zijn er testresultaten van het voor-spanstaal gevonden en beide zijn van kwaliteit QP90
	1960 e.v.	Staven: Ø26	531	QP80/105	300 kN (30,6 tf)	356 kN (36,3 tf)	Meest toegepaste sneden, ook leverbaar waren Ø15/18,6/20,1/32 mm
	1963	Staven: Ø26	531	QP80/105	300 kN (30,6 tf)	356 kN (36,3 tf)	
		Staven: Ø32	804	QP80/105	455 kN (46,4 tf)	538 kN (54,8 tf)	
	1970	Meerdere doorsneden leverbaar maar bij voornamelijk 26 mm en 32 mm zijn toegepast.					Zie 1963. Andere sneden: Ø12,2/14 (QP160)/18,6/20,1/36 (QP105) mm

Tabel B4-2 BBRV

BBRV	1960	Kabel:13Ø5 (d)	255	QP160	220 kN	276 kN (28,1 tf[1])	[1] = opgave fabrikant (> 0,65)
		Kabel:26Ø5 (d)	510	QP160	440 kN	550 kN (56,1 tf[1])	
		Kabel:42Ø5 (d)	825	QP160	712 kN	891 kN (90,8 tf[1])	
		Kabel:42Ø6 (d)	1188	QP170	1090 kN	1223 kN (124,7 tf[1])	
	1963	F33: kabel:10Ø6 (d)	283	QP 170	259 kN (26,4 tf)	306 kN (31,2 tf)	
		F65: kabel:20Ø6 (d)	565	QP 170	519 kN (52,9 tf)	613 kN (62,5 tf)	
		F105:kabel:32Ø6 (d)	905	QP 170	830 kN (84,6 tf)	981 kN (100 tf)	
		F144:kabel:44Ø6 (d)	1244	QP 170	1141 kN (116,3 tf)	1349 kN (137,5 tf)	
		E180:kabel 55Ø6 (d)	1555	QP 170	1426 kN (145,4 tf)	1685 kN (171,8 tf)	
	1970	Kabel:14Ø5 (d)	274	QP170	255 kN (26 tf)	294 kN (30 tf)	Aanvangs- en blijvende voorspankracht volgens opgave van fabrikant.
	1970	Kabel:20Ø6 (d)	565	QP170	520 kN (53 tf)	608 kN (62 tf)	
		Kabel:32Ø6 (d)	902	QP170	824 kN (84 tf)	971 kN (99 tf)	
		Kabel:44Ø6 (d)	1248	QP170	1138 kN (116 tf)	1344 kN (137 tf)	
		Kabel:55Ø6 (d)	1556	QP170	1422 kN (145 tf)	1678 kN (171 tf)	
		Kabel:55Ø7 (d)	2120	QP170	1933 kN (197 tf)	2286 kN (233 tf)	
		Kabel:67Ø7 (d)	2580	QP170	2354 kN (240 tf)	2786 kN (284 tf)	
		Kabel:187Ø7 (d)	7200	QP170	6573 kN (670 tf)	9535 kN (972 tf)	

Tabel B4-3 VSL

VSL	1963	Kabel 21*Ø7 (d)	808	QP170	741 kN (75,5 tf)	876 kN (89,3 tf)	
		Kabel 28*Ø7 (d)	1077	QP170	988 kN (100,7 tf)	1167kN(119,0 tf)	
		Kabel 36*Ø7 (d)	1385	QP170	1270 kN (129,5 tf)	1502 kN (153,1 tf)	
		Kabel 18*Ø8 (d)	905	QP160	781 kN (79,6 tf)	923 kN (94,1 tf)	
		Kabel 24*Ø8 (d)	1206	QP160	1041 kN (106,1 tf)	1230 kN (125,4 tf)	
		Kabel 30*Ø8 (d)	1508	QP160	1302 kN (132,7 tf)	1538 kN (156,8 tf)	
	1970	Kabel 14 *Ø7 (d)	539	QP170	494 kN (50,4 tf)	584 kN (59,5 tf)	Aantal draden minimaal 7
		Kabel 21*Ø7 (d)	808	QP170	742 kN (75,6 tf)	876 kN (89,3 tf)	Aantal draden minimaal 16
		Kabel 28*Ø7 (d)	1078	QP170	989 kN (100,8 tf)	1168 kN (119,1 tf)	Aantal draden minimaal 23
		Kabel 42*Ø7 (d)	1616	QP170	1482 kN (151,1 tf)	1752 kN (178,6 tf)	Aantal draden minimaal 35
		E5-1: (s) 1*1/2"	93	QP190	95 kN (9,7 tf)	113 kN(11,5 tf)	
		E5-3: (s) 3*1/2"	279	QP190	286 kN (29,2 tf)	338 kN (34,5 tf)	
		E5-7: (s) 7*1/2"	651	QP190	667 kN (68,0 tf)	789 kN (80,4 tf)	
		E5-12: (s) 12*1/2"	1116	QP190	1144 kN (116,6 tf)	1352 kN (137,8 tf)	
		E5-19: (s) 19*1/2"	1767	QP190	1812 kN (184,7 tf)	2141 kN (218,2 tf)	
		E5-22: (s) 22*1/2"	2046	QP190	2097 kN (213,8 tf)	2479 kN (252,7 tf)	
		E5-31: (s) 31*1/2"	2883	QP190	2956 kN (301,3 tf)	3493 kN (356,1 tf)	
		1-37 strengen 0,6"		QP190	133 - 4970 kN		Vanaf 1975 teruggevonden in gegevens Brandt

Tabel B4-4 Baur-Leonhardt

Baur-Leonhardt	1963	grote bundels van strengen meestal 1/2"			2943 kN en meer	Max. 29430 kN	met name in grote bruggen gebruikt, kabels nogal omvangrijk.
Leoba	1963	S 33: Kabel 8*Ø8 (d)	402	QP 160	353 kN	418 kN	spankanaal 30*44 mm / μ = 0,22 en j_1= 0,7 /m'
		S 66: Kabel16*Ø8 (d)	804	QP 160	706 kN	836 kN	spankanaal Ø 50mm / μ = 0,22 en j_1= 0,5 /m'
							Bij beide was QP 150 ook mogelijk
		AK 10			98,1 kN (10 tf)		
		AK 40			392 kN (40 tf)		
		AK 120			1177 kN (120 tf)		
C.C.L. (Gifford-Udall)	1960	draden of bundels Ø5 of Ø7, ook 1"/$1^1/_8$" los of in bundels			20 - 392 kN (2 - 40 tf)		
	1963	draad: 8 Ø 7	308	QP 160	266 kN (27,1 tf)	314 kN (32,0 tf)	Andere staalkwaliteiten zijn mogelijk ook toegepast.
		12 Ø 7	462	QP 160	398 kN (40,6 tf)	469 kN (47,8 tf)	Groepering van draden 8 x Ø9, 12x Ø9 of 22 x Ø9
		streng: 7 Ø 12,7mm ($^1/_2$")	658	QP 170	625 kN (63,7 tf)	739 kN (75,3 tf)	1230 kN en strengen combinaties: 4*18,1 mm en 7*18,1 mm
		1 Ø 18,1 mm (0,7")	210	QP 170	202 kN (20,6 tf)	237 kN (24,2 tf)	(werkvoorspankracht 1360 kN) waren ook mogelijk.
		1 Ø 25,4 mm (1,0")	425	QP 160	388 kN (39,6 tf)	459 kN (46,8 tf)	
		1 Ø 28,6 mm ($1^1/_8$")	537	QP 155	491 kN (50,0 tf)	580 kN (59,1 tf)	
	1970	draad: 4 Ø 7 mm	154	QP 160	133 kN (13,6 tf)		
		8 Ø 7 mm	308	QP 160	267 kN (27,2 tf)		
		12 Ø 7 mm	462	QP 160	400 kN (40,8 tf)		
		streng: 12,7 mm	94	QP 190	95 kN (9,7 tf)		4x12,7/ 7x12,7/12x12,7-combinaties: apart afgespannen
		15,2 mm	139	QP 190	141 kN (14,4 tf)		4x15,2/7x15,2/12x15,2-combinaties: apart afgespannen
		18,1 mm	210	QP 190	201 kN (20,5 tf)		4x18,1/7x18,1/12x18,1-combinaties: apart afgespannen
		28,6 mm	537	QP 190	476 kN (48,5 tf)		
P.S.C.	draden	rest gelijk aan C.C.L:.					

BIJLAGE B5

Eisen aan berekening volgens de eindige elementenmethode (EEM-berekening)

(overgenomen uit paragraaf 3.5 van de Resultaatbeschrijvingen Ontwerpdocumenten (RTD 1004:2012))

1 Eisen aan EEM-berekeningen

Indien een EEM-berekening wordt opgesteld als een afzonderlijk rapport dient onderstaande aangehouden te worden. Wanneer het een onderdeel is van het berekeningsrapport moeten alle dubbelingen worden voorkomen.

1.1 Voorblad

EEM-berekening

Naam kunstwerk
Top. Code
Documentnummer

Registratie

Naam, datum, paraaf constructeur
Naam, datum, paraaf controleur
Naam, datum, paraaf projectleider

1.2 Inhoudsopgave

0.0 Voorblad
1.0 Inhoudsopgave
2.0 Inleiding
3.0 Invoer
- 3.1 Motivering
- 3.2 Grafische weergave
- 3.3 Tabellarische weergave

4.0 Validatie (controle) model
5.0 Uitvoer
- 5.1 Grafische weergave
- 5.2 Tabellarische weergave

6.0 Uitwerking resultaten en detaillering

1.3 Inleiding

De inleiding dient een beschrijving te geven van de gedachtegang van de constructeur, zoals:

- Keuze aangaande de hoofddraagconstructie;
- Hoe is de stabiliteit verzekerd;
- Hoe zijn de ondersteuningen gemodelleerd;
- Modellering van belastingen en massa's;
- Gekozen kniklengtes;
- Veerstijfheden van verbindingen;
- Onderlinge constructieve samenhang;
- Niet lineariteiten inclusief beschrijving van berekeningsproces; noodzaak tweede-orde berekening;
- Verwerking van dilataties en deuvels in het rekenmodel.

Bij een detail-/deelberekening aangeven wat de relatie van het beschouwde constructieonderdeel is met de rest van de bouwconstructie.

1.4 Invoer

In deze paragraaf worden drie onderdelen van de invoer beschreven, waarvoor de volgende trefwoorden gelden:

- Motivering;
- Grafische weergave;
- Tabellarische weergave.

N.B: Voor uitgebreide modellen is een volledige tabellarische weergave van knopen, elementen, belastingen en opleggingen zeer onpraktisch in gebruik (de enorme hoeveelheid data werkt eerder verwarrend dan verhelderend en is in praktijk niet te controleren). Een grafische weergave van het model en eventueel het ter beschikking stellen van het rekenmodel geeft een beter te controleren berekening.

Motivering

Voor een juiste en efficiënte beoordeling is het noodzakelijk dat keuzes worden beargumenteerd en gemotiveerd:

- Naam en versie van het gehanteerde softwareprogramma.
- Motivering waarom het gekozen programma geschikt is voor het berekenen van de constructie.
- Bij gebruik niet gecertificeerde software, test en validatie software laten zien.
- Herkomst van basis- of invoergegevens.
- Schetsmatige weergave van de gebruikte mechanicamodellen.
- Assenstelsels (globaal en lokaal), tekenafspraken, gebruikte afkortingen en coderingen.
- Keuze van de gebruikte eenheden.
- Naamgeving constructieonderdelen overeenkomstig DISK naamgeving.
- Keuze elementtype en -grootte (keuze voor staaf-, schijf-, plaat- of schaalelement; en keuze voor Kirchhoff of Mindlin, etc.).
- Elementenverdeling.
- Toepassing van integratiestroken, middelingsstroken of andere wijzen om piek-spanningen en geconcentreerde krachten te spreiden.
- Isotroop of orthotroop gedrag.
- Aangehouden stijfheden (bijv. E-waarde van gescheurd en ongescheurd beton).
- Dimensionering van de gekozen staaf-, plaat- en/of schijfelementen (bijvoorbeeld aangepaste E-waarde van samengestelde doorsneden; vermelden op welke wijze aansluitende druklagen zijn meegerekend voor het bepalen van balkstijfheden).
- Randvoorwaarden ondersteuning (star of verend; trek én druk of alleen druk, puntsgewijs, lijnvormig of oppervlak).
- Gehanteerd rekenmodel, eerste- of tweede-orde; lineair elastisch of niet lineair.
- Belastingmodel, schematisatie.
- De beschouwde belastinggevallen en combinaties toelichten, eveneens voor de gegenereerde versies; bij gebruik van een generator voor

maatgevende belastingcombinaties de (vele) niet zinvolle combinaties eruit filteren zodat alleen de maatgevende combinaties overblijven.
- Aansluiting van diverse constructieonderdelen.
- Gekozen verbinding (bijv. een momentvaste verbinding).
- Welke sneden, met toelichting, als maatgevend worden verwacht (voor de uitvoer).
- Modellering van massa's ter bepaling van dynamische eigenschappen.

Grafische weergave
Een grafische presentatie van de invoer is een krachtige ondersteuning bij de controletaak. De grafische weergave dient in kleur te worden gepresenteerd (géén zwart-wit kopieën). Minimaal dient te worden gepresenteerd:
- Geometrie, inclusief assenstelsels en tekenafspraken.
- Knoopnummers, elementnummers en dwarsdoorsnedegegevens.
- Elementenverdeling (bij grote modellen met een fijn net enkel van belang voor details).
- Samengestelde profielen (indien van toepassing).
- Randvoorwaarden/ondersteuning (locatie, grootte, richting).
- Relevante belastinggevallen (locatie en grootte weergegeven in geometrie van de constructie of het constructiedeel).
- Maatgevende combinaties mobiele lasten (locatie en grootte weergegeven in geometrie van de constructie of het constructiedeel).

Tabellarische weergave
Deze is nodig voor evenwichtscontroles en dient als aanvulling op of ter verduidelijking van de grafische weergave. Minimaal dienen te worden gepresenteerd:
- Tekenafspraken.
- Geometrische eigenschappen.
- Materiaaleigenschappen.
- Berekende stijfheden.
- Randvoorwaarden/ondersteuning (eventuele veerconstanten).
- Relevante belastinggevallen (basisgevallen).
- Opbouw van de belastingcombinaties en lijst met maatgevende belastingcombinaties.

1.5 Handmatige validatie (controle) model
- Controle of de vorm en grootte van de vervorming overeenkomt met wat logischerwijs te verwachten is.
- Controle of de invoergegevens en de eigenschappen van de ondersteuningen overeenkomen met de oplegreacties.
- Controle bij maatgevende belastinggevallen en combinaties of de oplegreacties overeenkomen met de beoogde belastingen.
- Controle stabiliteit.
- Controle momenten, horizontale- en verticale krachtensom.
- Controle of gekozen sneden de maatgevende sneden zijn.
- Controle of beschouwde belastingcombinaties de maatgevende belastingcombinaties zijn.
- Controle grondbelastingen (Plaxis-berekening)

Bij complexe 3D-modellen met vereenvoudigd rekenmodel:

- Hoofddraagconstructie afzonderlijk beoordelen.
- Vloeren als afzonderlijk onderdeel beoordelen.
- Aantonen dat de resultaten van de computerberekeningen betrouwbaar zijn.
- De geotechnische parameters en geotechnische modellering beoordelen.

1.6 Uitvoer

Bij het presenteren van de omhullenden van belastingcombinaties moeten ook de waarden van de bijbehorende grootheden worden gepresenteerd (grafisch en/of tabellarisch).

Bijvoorbeeld bij de extreme momenten ook de bijbehorende dwarskrachten en normaalkrachten presenteren.

In het kader van toekomstvastheid en ten behoeve van de controle van het ingevoerde model dienen de resultaten van de volgende belastinggevallen afzonderlijk gepresenteerd te worden:

- Eigen gewicht.
- Asfalt (blijvende belasting).
- Geluidschermen (indien van toepassing).
- De maatgevende, met toelichting onderbouwde, mobiele lasten presenteren.

Bij het tabellarisch presenteren van de omhullende van diverse belastinggevallen / combinaties ook altijd aangegeven welk belastingsgeval / combinatie maatgevend is.

Grafische weergave

De grafische weergave dient in kleur te worden gepresenteerd (géén zwart-wit kopieën). Minimaal dient te worden gepresenteerd:

- Datum van in- en uitvoer.
- Oplegreacties ten gevolge van het belastinggeval permanente belasting, het belastinggeval van de maatgevende mobiele belasting (waarbij ook duidelijk is aangegeven welk belastinggeval dit is) en van de omhullende van de belastingcombinaties.
- Verplaatsingen ten gevolge van het belastinggeval permanente belasting, het belastinggeval van de maatgevende mobiele belasting en van de omhullende van de belastingcombinaties.
- Visualisatie van momenten, dwarskrachten en normaalkrachten in schijven, platen en schalen voor de maatgevende belastinggevallen en –combinaties, inclusief assenstelsels.
- Voorkeur 3D-visualisatie.
- Eventueel contourplots.
- Schaalverdeling van de kleurenplots bij krachten, momenten en wapeningshoeveelheden.
- Vooral bij grillige verdeling van plaatmomenten naast 3D-visualisatie of contourplots de grafische weergave van de snedekrachten in maatgevende sneden.

- Bij gebruikmaking van volume elementen spanningen aan bovenzijde, onderzijde en in de neutrale lijn.
- Trilvormen van eigenfrequenties.

Tabellarische weergave
Minimaal dient te worden gepresenteerd:

- Datum van de in- en uitvoer.
- Per belastinggeval de som van de krachtcomponent van de ingevoerde belastingen per oplegrichting.
- Oplegreacties per belastinggeval, per belastingcombinatie en de omhullende van de belastingcombinaties.
- Verplaatsingen ten gevolge van alleen permanente belasting en alleen het belastinggeval van de maatgevende mobiele belasting.
- Snedekrachten in de toegelichte maatgevende doorsneden en de omhullende van de belastingcombinaties.
- Omhullende van de minimale minima en maximale maxima.
- Overzicht van extreme waarden per staafelement (N, D, M, u).

1.7 Uitwerking resultaten en detaillering

Bij de verwerking van de berekeningsresultaten dienen gegevens zo aangeboden dat voor essentiële zaken de gewenste informatie beschikbaar, overzichtelijk en duidelijk is.

- Berekeningsresultaten per maatgevend belastingschema uitwerken.
- Bij betonnen liggers, platen, schijven en schalen helder uiteenzetten op welke wijze de wapening is bepaald op basis van de verkregen snedekrachten (membraankrachten, momenten, normaal-, schuif- en dwarskrachten en ponswapening bij vloeren).
- Positie van de wapening in de geometrie aangeven (in dwarsdoorsnede en boven- en / of zijaanzicht).
- Uiteenzetting van de wijze waarop is omgegaan met pieken en singulariteiten, let ook op mogelijke tekenwisselingen.
- Unity check uitvoeren van de maatgevende doorsneden / profielen.
- Vertaalslag van de berekeningsresultaten naar de materiaalgebonden normen rekeninghoudend met de detailleringeisen.
- Voor het berekenen van elke verbinding/detail inzichtelijk de maatgevend krachten presenteren.
- Bij verbindingen van constructiedelen met verschillende materiaaleigenschappen aan elkaar (bv. staalconstructies aan beton, of beton aan beton (prefab)), uitwerken op welke wijze de (grote) krachten uit de constructiedelen via de aanwezige verbinding (verankering) worden overgebracht.
- Specifieke staalconstructie resultaten vermelden.

Berekening staaldetails
Voor zover uiterste grenstoestanden (spanningen en vermoeiingsanalyse) van een aangenomen maatgevende combinatie al gecontroleerd zijn in de ontwerpfase dienen deze controles te worden geverifieerd en overgenomen in de detailberekening.

Detaillering lassen
Type en dikte van alle lassen en benodigde lascontroles. Indien benodigd voorschrijven van lasvolgorde.

Detaillering bouten
Detaillering van alle boutverbindingen. Type bouten, diameters en materialen. Afmetingen van de boutplaten. Indien van toepassing eisen aan de staaloppervlakken en voorspankrachten.

Detaillering schotten, e.d.
In uitvoeringsontwerpfase dienen details van schotten, e.d. te worden berekend.

Detailschetsen
Voor een staalconstructie wil dat zeggen:

- Detaillering verstijvingsschotten.
- Alle lasdetails.
- Detaillering boutverbindingen.
- Detaillering overige verbindingen.
- Opgave benodigde nabewerkingen staaloppervlakken.
- Opgave conservering.

Einde RBK