

SCIENGINEER



**Bouwfasen
Voorspanning
Tijdsafhankelijke analyse (TDA)**

Contacten	5
Introductie	6
Korte introductie van bouwfasen	8
Korte introductie van voorspanning	9
Korte introductie op TDA	10
Implementatie van bouwfasen en TDA	11
In de tijd veranderende elasticiteitsmodulus	12
Toepassing in uw ontwerppraktijk	14
Referenties	15
Invoer van geometrie en andere gegevens	15
Aanpassing van parameters	15
Een Bouwfasen project maken	15
Instellingen bouwfasen	16
Bouwfasen manager	17
Een nieuwe bouwfase maken	17
De veranderingen aan het constructieve schema definiëren	21
Gefaseerde doorsnede	23
De introductie van een nieuwe fase van de doorsnede definiëren	26
De berekening uitvoeren	26
Resultaten van bouwfasen analyse	26
Niet-lineaire bouwfasen	27
Lineaire vs. niet-lineaire bouwfasen	28
TDA (Time Dependent Analysis)	31
TDA instellingen	31
Belastingfactoren	31
Tijd geschiedenis	31
Staafgeschiedenis	31
Materiaal instellingen	32
Net instellingen	33
Berekening instellingen	33
Lokale ligger geschiedenis	34

Tijd-as	35
Tijd-as bewerken dialoogvenster	35
Eindig Element formulering	37
Modelleren van voorspanning	37
Oplossing strategie	38
De berekening uitvoeren	39
Mobiele lasten in TDA	39
a) Berekening van omhullenden voor interne krachten die voortvloeien uit het mobiele laststelsel, gelegen in de kritieke sectie:	40
b) Berekening van extreme waarden van interne krachten door mobiele last gelegen in voorgedefinieerde secties:	40
a) + b) Invoegen in de constructiefasen en uitvoeren van de TDA berekening:	40
Belangrijke opmerking:	41
Standaard resultaten	46
Kabelspanningen	46
Resultaatdiagrammen in grafisch venster	46
Gedetailleerde resultaten	50
Afdrukvoorbeeld in het Afdrukvoorbeeld venster	50
Verklaring van afkortingen	50
Introductie van voorspanning	51
Materialen van Voorspankabels	51
Eigenschappen van voorgespannen kabels	51
Typen van Voorspan eenheden	56
Korte termijn verliezen	56
Verankering verlies	57
Relaxatie	57
Berekenen van de verliezen	58
Het dialoogvenster voor het spanbed bewerken	59
1 Algemeen	60
2 Versnellen van verharding door verhitten of stomen	60
2.1 Maturiteit van Beton	61
3 Relaxatie versnelling	64
Het bewerken dialoogvenster voor een boorgatenpatroon	67

Bewerkingsvenster voor het snede strengenpatroon	72
Verankeringslengte	75
Bewerkingsdialoogvenster voor het ligger strengenpatroon	77
Resultaatdiagrammen in grafisch venster	80
Gedetailleerde resultaten	84
Afdrukvoorbeeld in het Afdrukvoorbeeld venster	84
Verklaring van afkortingen	84
Dialoogvenster Bewerken geometrie	85
Invoertype	86
Indeling en besturingselementen van het dialoogvenster Bewerken geometrie	91
De kabelbrongemetrie bewerken in de Kabelbrongemetriemanager	93
De kabelbrongemetrie bewerken via de eigenschappentabel van de nagespannen interne kabel	94
1 ZWEVENDE KNOPEN VOOR INTERNE NAGESPANNEN KABELS OP 1D STAVEN	95
2 ZWEVENDE KNOPEN VOOR INTERNE NAGESPANNEN KABELS OP 2D ELEMENTEN	100
Algemeen	101
Geometrie	102
Materiaal	103
Spanning	103
Boog	104
Actieknoppen beschikbaar tijdens het bewerken van een nagespannen interne kabel	107
Voorbeeldvenster met berekende kabelverliezen	108
Algemeen	108
Materiaal	108
Spanning	109
De geometrie van een nagespannen externe kabel wijzigen	110

Contacten

SCIA nv Industrieweg 1007 3540 Herk-de-Stad Belgium	SCIA Nederland B.V. Wassenaarweg 40 6843 NW ARNHEM Netherlands
Nemetschek do Brasil Rua Dr. Luiz Migliano, 1986 - sala 702 , CEP SP 05711-001 São Paulo Brazil	Nemetschek Scia North America 7150 Riverwood Drive 21046 Columbia, MD United States
SCIA France sarl Centre d'Affaires, 29 Grand' Rue 59100 Roubaix France	Nemetschek Scia Swiss Branch Office Dürenbergstrasse 24 3212 Gurmels Switzerland
SCIA CZ s.r.o. Brno Slavičkova 827/1a 638 00 Brno Czech Republic	SCIA CZ s.r.o. Prague Evropská 2591/33d 160 00 Praha 6 Czech Republic
SCIA SK, s.r.o. Murgašova 1298/16 010 01 Žilina Slovakia	
Scia Datenservice Dresdnerstrasse 68/2/6/9 1200 WIEN Austria	Scia Software GmbH Technologie Zentrum Dortmund, Emil-Figge-Str. 76-80 44227 Dortmund Germany

De informatie in dit document is onderhevig aan verandering zonder aankondiging. Zonder de uitdrukkelijk geschreven toestemming van de uitgever mag niets, geheel noch gedeeltelijk, van dit document gekopieerd of overgedragen worden, ongeacht de manier waarop of de middelen waarmee, zowel elektronisch als mechanisch, dit gebeurt. SCIA Software is niet verantwoordelijk voor directe of indirecte schade wegens onvolkomenheden in de documentatie en/of de software.

© Copyright 2016 SCIA nv. All rights reserved.

Document gemaakt: 27 / 05 / 2016

SCIA Engineer 16.0

Introductie

Moderne civieltechnische constructies kunnen aanzienlijk economisch voordeel bereiken door het combineren van hybride systemen van staal en beton of prefab en in het werk gestort beton. Het ontwerp van dergelijke systemen haalt voordeel uit de individuele materiaaleigenschappen. Het economisch voordeel en de snelheid van constructie worden ook vergroot door de toepassing van hybride constructiemethodes. De belangrijkste lastdragende staven, gevormd door spannings- of steunkabels, haken, liggers of bogen, worden vaak van tevoren gemaakt en worden gebruikt als hulpsystemen voor andere delen van de constructie om de constructietijd en –kosten te verminderen. Het ontwerp van de constructies combineert zowel prefab als in-situ technieken om economisch voordeel bij de constructie te verkrijgen, terwijl een hoge kwaliteitsstandaard wordt behouden en de tijd nodig voor voltooiing van de constructie wordt verminderd.

Tijdens de constructie passeren deze constructies verschillende statische systemen; grensomstandigheden veranderen, nieuwe constructieve liggers worden gemonteerd of gestort, naspannen wordt toegepast en tijdelijke ondersteunende elementen worden verwijderd. In veel constructies worden betonnen constructieve elementen van verschillende leeftijden gecombineerd en het beton wordt geleidelijk belast. Daarom moet zowel tijdens de constructie als gedurende de levensduur van de betonconstructies, rekening worden gehouden met de kruip en krimp van het beton. Rheologische eigenschappen van beton kunnen de dienstbaarheid van de constructie op een beslissende wijze beïnvloeden. Het draagvermogen van de constructie kan ook worden beïnvloed door de herverdeling van interne krachten door kruip. Daarom zijn diepgaande methodes nodig voor de constructieve analyse.

Bouwfases, **Voorspanning**, en **TDA** zijn modules van Scia Engineer ontworpen voor de analyse van voorgespannen beton en samengestelde constructies met betrekking tot stap-voor-stap constructie, verandering van grensomstandigheden en rheologische effecten van beton. De modules zorgen voor de constructieve analyse van zowel voorgespannen beton als samengestelde constructies, opeenvolgende montage of storten van constructieve elementen, progressieve constructie van doorsneden, geleidelijke toepassing van belastingen en voorspanning, en verwijdering van tijdelijke constructieve elementen. Speciale constructie technologieën kunnen worden gemodelleerd zoals een constructie met overstekken met zowel prefab als in het werk gestorte segmenten, uitbouwconstructies, constructies met tuilen, hierbij eenvoudige balken doorgaand makend met inbegrip van opeenvolgend storten van een samengestelde plaat, of geleidelijke constructie van gebouwen met meerdere verdiepingen.

De inpassing van deze modules is de eerste stap richting de verandering van ontwerp en analyse van betonconstructies in Scia Engineer. Maar de mogelijkheid om de berekening in rustige sequenties uit te voeren met betrekking tot de stap-voor-stap constructie of de introductie van tijd als een nieuwe variabele in de analyse, zijn niet de enige twee aspecten van de uitgave. Ook worden nieuwe materiaalparameters – rheologische eigenschappen van beton – in rekening genomen bij de berekening en een nieuw onderdeel van een echte waarde is dat het programma reageert op moderne concepten van de analyse van voorspanning in de theorie van constructies. De nagespannen kabel wordt alleen beschouwd als een externe belasting op het moment van voorspanning. Deze belasting wordt berekend als de belasting welke gelijk is aan het effect van de kabel gespannen net na korte termijn verliezen. De kabel wordt een integraal onderdeel van de constructie na verankering. Zijn stijfheid wordt toegevoegd aan de stijfheidmatrix van de constructie. Hierna zullen alle belastingen gedragen door de constructie automatisch de verandering van voorspanning van die kabel veroorzaken. Zowel kabel als samengestelde onderdelen van de doorsnede worden gemodelleerd door excentrische eindige elementen. Volledige rek verenigbaarheid tussen excentrische elementen die twee knopen verbinden, wordt verzekerd langs de hele lengte van elementen. De **TDA** module in Scia Engineer staat zo een nieuw constructie model toe van tot dusver onverkrijgbare kwaliteit.

Opmerking: Elk van de drie genoemde modules kan afzonderlijk worden gebruikt (bijv. de module **Voorspanning** in lineaire analyse en **Bouwfases** voor de analyse van een 3D stalen raamwerk constructie, enz.). De gebruiker verliest echter een aantal van de eigenschappen in een dergelijke situatie. Daarom ook bevat de beschrijvingen van deze drie modules vaak links naar andere modules uit deze "kleine familie".



Gebruik van voorspankabels (inclusief vrije kabels van hangbruggen) zonder bouwfasen

Wanneer een lineaire berekening wordt uitgevoerd, wordt de stijfheid van elementen van voorspankabels niet toegevoegd aan de stijfheidsmatrix voor elk berekend belastinggeval. De lineaire berekening maakt het niet mogelijk om twee stijfheidsmatrixen van de constructie voor de oplossing van het systeem te assembleren, bv. om twee linkerzijden te maken.

Bijgevolg betekent dit dat we veronderstellen dat alle belastingen (belastinggevallen) toegepast werden in de voorspanning als de voorspankracht in de voorspankabel ingegeven wordt. Dit wil zeggen, dat een belastinggeval die een uniform verdeelde belasting, toegepast op de hoofdligger van een hangbrug, de vrije voorspankabels volledig negeert – het dek vervormt en de voorspankabels blijven onbelast – de kracht in de voorspankabel in de overeenkomstige combinatie is gelijk aan de voorspankracht.

Het gebruik van voorspanning is dus beperkt tot bouwfasen berekeningen en de vereenvoudiging van een lineaire berekening kan in vele projecten tot onjuiste resultaten leiden.

Korte introductie van bouwfasen

De module **Bouwfasen** staat algemene modellering van het constructieproces toe. In combinatie met de **TDA** module neemt de analyse ook tijd als een nieuwe invoer variabele in rekening. Voor het doel van de tijdsafhankelijke berekening wordt een globale, lokale en gedetailleerde tijdsas geïntroduceerd en worden individuele tijdknopen gegenereerd. De ontwikkeling over de tijd heen en veranderingen in de constructie, doorsneden of belasting worden echter via individuele "fasen van constructie" gemodelleerd, waar ieder van deze fasen een nummer, naam en globale tijd wordt gegeven.

De reacties (resultaten) van de belastingincrementen worden opgeslagen in afzonderlijke belastinggevallen afzonderlijk voor het effect van het permanente belastingincrement, voorspanning en de som van de rheologie effecten tijdens het voorgaande tijdsinterval.

Korte introductie van voorspanning

De module **Voorspanning** staat de analyse van voorgespannen liggers toe. Bovendien is het mogelijk om de korte termijn verliezen te berekenen en te tonen.

De gegevens die de locatie en vorm van strengen of draden definiëren, worden dan gebruikt tijdens de constructieve analyse voor de automatisch generatie van de eindige elementen van het constructieve model en de berekening van zijn equivalente belasting met inbegrip van de korte termijn verliezen.

Samenvattend stelt de module **Voorspanning** u in staat de effecten van voorspanning voor 2D te analyseren. Het kan worden gebruikt voor de lineaire analyse van de laatste fase van de constructie. Wanneer gecombineerd met de module **Bouwfasen** is het ook mogelijk de stapsgewijze voorspanning tijdens het monteren van de constructie te modelleren. Wanneer het ook wordt gecombineerd met de module **TDA** kan men de impact van de rheologie van beton respecteren.

De module **TDA** kan echter alleen 2D raamwerk constructies (project type Raamwerk XZ) oplossen.

Korte introductie op TDA

De module **TDA** staat een tijdsafhankelijke analyse van voorgespannen beton toe, maar ook van samengestelde 2D raamwerk constructies, terwijl rekening wordt gehouden met de gedefinieerde fasen van constructie, kruip, krimp en veroudering van het beton. De methode gebruikt voor de tijdsafhankelijke analyse is gebaseerd op een stap-voor-stap procedure waarin het tijdsdomein wordt onderverdeeld door tijds knopen. De eindige element analyse wordt uitgevoerd in iedere tijds knoop. Lineaire verouderings viscoelastische theorie wordt toegepast voor de kruipanalyse.

Door symmetrie van de lange termijn belastingen kunnen zowel de constructie als de belasting op een geschikte wijze worden gemodelleerd in een verticaal vlak. Hiervoor wordt het vlakke raamwerk constructieve model gebruikt. De eindige elementen op excentriciteit representeren bijv. de betonnen koker (of afzonderlijk betonlijven en druklagen), voorgespannen kabels, diafragma's, pijlers, tijdelijke verankeringen, niet-voorgespannen wapening, enz. Alle handelingen in de constructie worden gerespecteerd in de constructieve analyse volgens het werkelijke productie schema. De elementen worden ged'nstalleerd of verwijderd volgens de wijze van constructie. Verschillende handelingen gebruikt tijdens de constructie, zoals toevoeging of verwijdering van segmenten en voorgespannen kabels, veranderingen van grensomstandigheden, belastingen en voorgeschreven verplaatsingen, kunnen worden gemodelleerd.

De voorgespannen kabels worden ook als excentrische eindige elementen aangenomen. Wanneer ze bij aanvang worden gespannen, worden alleen belastingstermen van de kabels inbegrepen in de globale evenwicht vergelijkingen. Na verankering wordt ook de stijfheid van de kabel beschouwd. Zowel de gebonden als ongebonden kabels kunnen worden gemodelleerd. De lange termijn verliezen worden automatisch inbegrepen in de analyse. Wanneer een element wordt verwijderd of grensomstandigheden worden veranderd, worden de interne krachten van het element en de juiste reactie automatisch toegevoegd aan het belasting vector increment.

De totale rek van beton op het tijdstip t wordt onderverdeeld in drie delen: $\varepsilon_{\sigma}(t)$ is de door spanning geproduceerde rek, $\varepsilon_s(t)$ de krimp en $\varepsilon_T(t)$ is de thermische uitzetting. Noch krimp, noch thermische rekken zijn spanningsafhankelijk. De krimp van constructieve staven wordt voorspeld door de gemiddelde eigenschappen van een gegeven doorsnede, rekening houdend met de gemiddelde relatieve vochtigheid en staafgrootte. De door spanning geproduceerde rek bestaat uit elastische moment rek $\varepsilon_e(t)$ en kruiprek $\varepsilon_c(t)$. De ontwikkeling van een elasticiteitsmodulus over tijd door veroudering wordt gerespecteerd. Het kruip voorspellingsmodel is gebaseerd op de aanname van lineariteit tussen spanningen en rekken om de toepasbaarheid van lineaire superpositie te verzekeren. De numerieke oplossing is gebaseerd op de vervanging van de Stieltjes hereditaire integraal door een eindige som. Het algemene kruipprobleem wordt dus omgezet naar een serie elasticiteitsproblemen. De kruipberekening is ook gebaseerd op de gemiddelde eigenschappen van een gegeven doorsnede. De kruip, krimp en verouderingseffecten kunnen in rekening worden genomen volgens ontwerpaanbevelingen EUROCODE 2, CSN 73 1201 en CSN 73 6207 (Tsjechische normen). De methode respecteert spanningsgeschiedenis, heeft geen iteratie in enkele stap nodig en beperkt niet het type kruipfunctie.

Implementatie van bouwfasen en TDA

TijdsAfhankelijke Analyse (TDA) is nauw verbonden met **Analyse van Bouwfasen (ACF)** in Scia Engineer. Het verschil is dat de rheologische effecten in ACF niet worden beschouwd. Aan de andere kant zijn "het belastinggeval" en "de combinatie van belastinggevallen" de basis "bouweenheden" voor zowel **TDA** als **ACF**. **ACF** loopt in feite onafhankelijk van tijd. Het is alleen een kwestie van vorm dat iedere fase is verbonden tot een bepaalde tijdknoop.

De incrementen van het eigen gewicht in iedere bouwphase (constructie of gebruik) en de resultaten (de incrementen van interne krachten en vervormingen veroorzaakt door deze belasting) worden opgeslagen in aparte belastinggevallen. Deze belasting wordt aangenomen oneindig lang aanwezig te zijn (toegepast op de constructie). Het ontlasten moet worden gemodelleerd als een nieuwe belasting met tegenovergesteld teken. Bijvoorbeeld – de totale interne krachten in bestaande constructieve staven veroorzaakt door eigen gewichten na de derde bouwphase, worden verkregen als de resultaten van de combinatie van drie juiste belastinggevallen. Een belastinggeval dat de gebruikslast weergeeft kan aan deze combinatie worden toegevoegd.

Wanneer enige voorspanning is toegepast in de bouwphase, moet een extra permanent belastinggeval worden toegepast. Dan worden twee permanente belastinggevallen gedefinieerd in één bouwphase – één voor het eigen gewicht en één voor de voorspanning. De gebruiker mag geen belastingen aan het belastinggeval voorspanning toevoegen.

Het toegevoegde (lege) belastinggeval wordt automatisch in iedere bouwphase gegenereerd in de **TDA** analyse. Deze belastinggevallen worden gebruikt voor het opslaan van de incrementen van interne krachten en vervormingen veroorzaakt door kruip en krimp berekent tijdens het voorgaande tijdsinterval. Ze worden in Scia Engineer gemarkeerd als kruip-belastinggevallen.

In de tijd veranderende elasticiteitsmodulus

Binnen Scia Engineer beschikt de gebruiker over verschillende benaderingen voor het analyseren van bouwfasen:

- Gebruik van de standaard solver en berekening van de bouwfasen zonder met tijd rekening te houden. Alleen een reeks individuele modellen wordt geanalyseerd; de interne krachten worden aangepast volgens de veranderingen in de randvoorwaarden.
- Gebruik van TGA (Tijdsafhankelijke analyse) berekeningen, waarbij met het hele verouderingsproces rekening wordt gehouden, met inbegrip van de ontspanning van de wapening, kruip en krimp van het beton.
- Gebruik van de standaard solver, maar rekening houdend met de veranderingen in de tijd van de elasticiteitsmodulus (E), m.a.w. met de veroudering van het materiaal, aan de hand van een diagram waarin de veranderingen in de tijd van de elasticiteitsmodulus worden gedefinieerd (E-modulus diagram).

De laatste methode kan zowel voor raamwerk- als voor plaat-en-wandstructuren worden toegepast.

De gebruiker kan binnen eenzelfde project verschillende E-modulus diagrammen definiëren. Het is zelfs mogelijk om voor elk in het project gebruikte materiaal een specifieke E-modulus diagram te bepalen. E-modulus diagrammen kunnen aan alle of aan sommige in het project gebruikte materialen worden toegewezen.

Procedure voor het gebruik van E-modulus functies in de berekening

Voor berekeningen met veranderende E-modulus dient aan meerdere voorwaarden te worden voldaan.



Opmerking: De onderstaande procedure is geen volledige tutorial. Alleen de bijkomende acties naast de standaardstappen voor de voorbereiding en de analyse van structuren worden hierna behandeld.

Het type project moet "Bouwfasen" zijn.

1. Start functie **Project** vanuit de hoofdmenuboom.
2. Stel optie **Model** in op **Bouwfasen**.
3. Bevestig met **[OK]**.

De optie E-modulus moet geselecteerd zijn in het dialoogvenster Instellingen Bouwfasen.

1. Start service **Bouwfasen**.
2. Start functie **Instellingen**.
3. Stel optie **Type** in op **E-modulus functie**.
4. Bevestig met **[OK]**.

De E-modulus functie(s) moeten zijn gedefinieerd.

1. Start de **E-modulus functie** manager:
 - a. Gebruik menufunctie **Bibliotheken > E-modulus functie**;
 - b. Gebruik menuboomfunctie **Bibliotheek > E-modulus functie**.
2. Klik op knop **[Nieuw]** om een nieuwe E-modulus functie in te voeren.
3. Definieer individuele punten voor de functie.
4. Bevestig met **[OK]**.
5. Herhaal deze procedure eventueel voor alle benodigde E-modulus functies.
6. Sluit de manager.

De benodigde materiaal moeten de overeenkomstige E-modulus functie krijgen toegewezen.

1. Start de **Materiaal** manager:
 - a. Gebruik menufunctie **Bibliotheken > Materialen**;
 - b. Gebruik menuboomfunctie **Bibliotheek > Materialen**.
2. De lijst met materiaaleigenschappen bevat een bijkomend item: E-modulus functie (dit item is alleen beschikbaar als de optie **E-modulus functie** is ingesteld in het dialoogvenster **Instellingen Bouwfasen**).
3. Selecteer het gewenste materiaal.
4. Selecteer de overeenkomstige E-modulus functie.
5. Herhaal deze procedure eventueel voor alle benodigde materialen.
6. Sluit de **Materiaal manager**.

De bouwfasenanalyse moet worden uitgevoerd.

1. Open het dialoogvenster **EE-analyse**:
 - a. Gebruik menufunctie **Boom > Berekening, Net > Berekening**;
 - b. Gebruik menuboomfunctie **Berekening, Net > Berekening**;
2. Selecteer optie **Bouwfasenanalyse**.
3. Start de berekening met **[OK]**.



Opmerking: Let erop dat de **Balkinstellingen** en de **globale tijdsinstellingen** van de verschillende bouwfasen overeenkomen met de tijdsinstellingen in de definitie van de E-modulus functies.

Toepassing in uw ontwerppraktijk



Uitnodiging: De modules **Bouwfases**, **Voorspanning** en vooral **TDA** zijn zeer krachtige tools, ongeacht of ze gescheiden of gecombineerd gebruikt worden. Ze vereisen alle een bepaald niveau van professionele expertise en geavanceerde ervaring met Scia Engineer in het algemeen. Het wordt daarom aanbevolen een gespecialiseerde training met de Nemetschek Scia support afdeling te organiseren om op een goede manier de algemene principes, belangrijkste kenmerken, algehele mogelijkheden en praktische toepassing van deze modules te begrijpen. Bel alstublieft onze lokale verkoper voor meer informatie.

Referenties

1. Navrátil J.: Time-dependent Analysis of Concrete Frame Structures (in Czech), Stavebnicky casopis, 7 (40), 1992, pp. 429-451
2. CEB-FIP Model Code 1990, Final Draft 1991, BULLETIN D'INFORMATION No 203, Comite Euro-International Du Beton, Lausanne, 1990.
3. Navrátil, J.: Predpjaté betonové konstrukce [Prestressed concrete structures] (in Czech), Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 2004.

Invoer van geometrie en andere gegevens

Voorafgaand aan de invoer van gegevens die direct gerelateerd zijn aan de **TijdsAfhankelijke Analyse** of **Analyse van Bouwfasen**, moeten een aantal voorbereidende handelingen worden verricht. Alle constructieve staven, voorgespannen staven, grensomstandigheden en belastingen, die ooit in de constructie zullen verschijnen, moeten van tevoren worden gedefinieerd. Na hun definiëring zullen alle elementen, kabels, ondersteuning, enz. geleidelijk worden "ingevoerd" in de constructie in de **Bouwfasen** module. De invoer van staven, knopen, ondersteuning en belastingen wordt uitgevoerd in de standaard Scia Engineer omgeving.

Aanpassing van parameters

Het is nodig een aantal specifieke gegevens voor een TDA of ACF (Analyse van Bouwfasen) in te voeren. Deze gegevens kunnen worden ingevoerd in een instellingen dialoogvenster. Dit dialoogvenster bevat een onderdeel voor zowel TDA als Bouwfasen analyse. Bovendien moeten een aantal andere parameters voor netvorming, berekening, materialen, enz. op een specifieke wijze worden ingesteld.

Individuele parameters worden beschreven in afzonderlijke hoofdstukken die handelen met:

- [Bouwfasen instellingen](#),
- [TDA instellingen](#),
- [Net](#) and [berekening](#) instellingen,
- [Materiaal instellingen](#).



Opmerking: Het TDA gedeelte van het instellingen dialoogvenster is ALLEEN beschikbaar wanneer de TDA module beschikbaar is, d.w.z. wanneer het project bv. van het Raamwerk XZ-type is.

Een Bouwfasen project maken

Wanneer u een analyse van bouwfasen wilt voeren, moet u de juiste instellingen maken in het **Project Instellingen** dialoogvenster op het **Basisgegevens** tabblad:

- Selecteer **Bouwfasen** in het **Model** combo box,

Instellingen bouwfasen

Het dialoogvenster instellingen voor Bouwfasen stelt u in staat om de standaard waarden van de parameters die verschijnen in het invoerdialoogvensters voor individuele bouwfasen in te stellen.

Belasting factoren

Bel. geval permanent (lange termijn)	Gamma min, Gamma max zijn verbonden aan permanente belastinggevallen van beide types - belasting (γ_G) en voorspanning (γ_P). De belastingfactoren $\gamma_{Gmin}(<=1)$, $\gamma_{Gmax}(>=1)$, $\gamma_{Pmin}(<=1)$, $\gamma_{Pmax}(>=1)$ worden gespecificeerd (voor ieder belastinggeval) in iedere constructie (of dienst) fase. Wanneer lange termijn variabele belasting wordt geselecteerd in de combo box Permanente of lange termijn belastingen , wordt alleen de maximale factor γ_{Qmax} gevraagd, omdat γ_{Qmin} automatisch wordt genomen als nul (wanneer alle variabele belasting wordt verwijderd). Tegelijkertijd zal de toegevoegde factor $\psi < 1$ verschijnen.
Bel. geval voor- gespanning	Zie hierboven.
Lange termijn gedeelte van variabele last	De factor ψ specificeert het lange termijn gedeelte van de belasting. Wanneer het eigen gewicht, voorspanning of variabele BG wordt toegepast in een bouwphase, kan het niet nog een keer worden toegepast (exclusiviteit), omdat de configuratie van de constructie zou kunnen worden veranderd in volgende constructiestappen en de resultaten anders zouden zijn.

Resultaten

Naam van uiterste gegenereerde combi (max)	Specificeert het masker voor de automatische generatie van namen van maximale belastingcombinaties.
Naam van uiterste gegenereerde combi (min)	Specificeert het masker voor de automatische generatie van namen van minimale belastingcombinaties.
Naam van gegenereerde gebruikscombinatie	Specificeert het masker voor de automatische generatie van namen van gebruiksgrenstoestand belasting-combinaties.



Opmerking: Betreffende de gegenereerde namen van belastingcombinaties, wordt de sequentie {O} vervangen door het juiste nummer tijdens de generatie van de combinaties. Bijvoorbeeld, de combinatie naam masker F{O}-MAX geeft combinaties met de namen F1-MAX, F2-MAX, F3-MAX, enz.



Opmerking: Ditzelfde dialoogvenster kan ook parameters voor TDA bevatten. Deze TDA parameters zijn alleen beschikbaar in een project dat tijdafhankelijke analyse ondersteunt. Zie ook [Instellingen TDA](#).

Procedure voor het aanpassen van Bouwfasen parameters

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Start de functie **Instellingen**.
3. Voer de benodigde parameters in.

4. Bevestig met **[OK]**.
5. Sluit het dialoogvenster Instellingen .

Bouwfasen manager

De **Bouwfasen manager** stelt u in staat om individuele bouwfasen in te voeren, te herzien, te kopiëren, te printen en te verwijderen. Het is een standaard Scia Engineer database manager.

Procedure voor het openen van de Bouwfasen manager

1. Het project moet van het [Bouwfasen type](#) zijn.
2. Open in de hoofd menuboom de dienst **Bouwfasen**.
3. Klik aan het bovenste gedeelte van het dienst dialoogvenster op de knop [...].
4. De manager wordt op het scherm geopend.
5. De **Bouwfasen manager** opent automatisch wanneer u de service voor het eerst opent.



Opmerking: Wanneer een nieuwe bouwfase wordt gemaakt, worden de parameters ingesteld op waarden gedefinieerd in de Bouwfasen instellingen.

Een nieuwe bouwfase maken

Procedure voor het maken van een nieuwe bouwfase

Open de [Bouwfasen manager](#).

Klik op de knop **[Nieuw]**.

Wanneer geen passend belastinggeval beschikbaar is, wordt u gevraagd er een te maken.

Een nieuwe bouwfase wordt toegevoegd aan de lijst.

Klik op de knop **[Bewerken]** om het bewerken dialoogvenster te openen.

Vul de parameters in (zie hieronder).

Bevestig met **[OK]**.

Sluit de **Bouwfasen manager**.

Parameters van een bouwfase

Naam	Definieert de naam van de fase.
Fase volgorde	(informatief) Geeft het sequentie nummer van de fase.
Omschrijving	Bevat een korte beschrijving van de bouwfase. Het is handig in een paar woorden te zeggen wat gebeurt in de huidige bouwfase. Het commentaar helpt de gebruiker een duidelijk beeld van het constructie proces te houden. De naam wordt ook gebruikt in de gegenereerde namen van resultaat klas-

	sen en gegenereerde belastingcombinaties. Bijv. voor combinaties, is deze beschrijving de enige herkenner van de gegenereerde belastinggeval combinaties.  Opmerking: Het wordt sterk aanbevolen dit veld te gebruiken.
Globale tijd	Globale tijd in dagen. Deze tijd zal worden toegewezen aan alle acties van de huidige fase. De globale tijd moet groter zijn dan de globale tijd van de voorgaande fase en kleiner dan de globale tijd van de volgende fase.
Aantal subintervallen	Het aantal subintervallen op de gedetailleerde tijd-as. De subintervallen volgend op het eerste tijd subinterval worden gegenereerd in logaritmische schaal. Deze parameter heeft een impact op de nauwkeurigheid van de oplossing van betonkruip. Zie ook Tijd-as.
Vochtige atmosfeer	Vochtigheid omgeving in percentages.
Einde constructiefase	Definieert of de huidige fase de laatste bouwphase is. Wanneer AAN, dan is de volgende bouwphase de eerste gebruiksfase. De gebruiker kan vanaf die tijd de constructie niet meer veranderen, maar hij kan eigen gewicht en variabele belasting (geen voorspanning!) toevoegen. Daarom zijn geen veranderingen in de samenstelling van de constructie (veranderingen van doorsneden, voorspanning, enz.) mogelijk in gebruiksfases. Wanneer een variabele belasting wordt toegewezen aan een bouwphase voor (met inbegrip van) de laatste bouwphase, wordt het "geconsumeerd" en kan het niet meer in een andere bouwphase worden gebruikt. Wanneer een variabele belasting wordt toegewezen aan een gebruiksfase (d.w.z. aan een fase die volgt na de laatste bouwphase), kan het vrij worden hergebruikt in een andere bouwphase.
Belastinggeval	Selecteert het belastinggeval dat wordt toegewezen aan de bouwphase. Opmerking: Lees het bijschrift onder de tabel.
Gamma min, Gamma max	Belasting factoren. Opmerking: Lees het bijschrift onder de tabel.
Psi	Factor voor variabele belasting. Opmerking: Lees het bijschrift onder de tabel.
Bel. geval variabel	Staat de invoer van een variabel belastinggeval in de bouwphase toe. Opmerking: Lees het bijschrift onder de tabel.

Belastinggeval permanent of lange termijn

Een belastinggeval van het type permanent of eigen gewicht moet worden gedefinieerd en toegewezen aan een bouwphase. Een belastinggeval van dit type moet exclusief worden toegewezen aan iedere fase. Het belastinggeval kan leeg zijn. Zoals hierboven genoemd, kan het belastinggeval toegepast in een constructie (of gebruik) fase van twee typen zijn: permanent of eigen gewicht. De invoer van een permanente belasting wordt gedaan op een standaard wijze, maar betreffende het eigen gewicht, zijn er twee mogelijkheden voor de invoer.

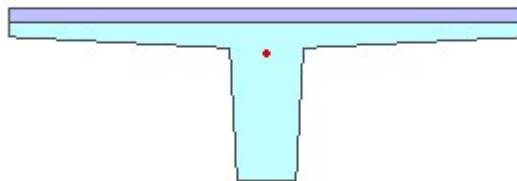
(1) De eerste mogelijkheid is via permanente belastingen. Het eigen gewicht van de ligger wordt van tevoren berekend door de gebruiker en wordt gespecificeerd als een uniforme of trapeziumvormige belasting verdeeld langs de lengte van de ligger. Deze methode kan worden gebruikt in combinatie met andere permanente belastingen, bijv. het eigen gewicht van diafragma's, oppervlakten, enz. Het eigen gewicht van de ligger kan worden toegepast in iedere bouwphase (op ieder moment) onafhankelijk van de tijd van opbouw van deze ligger. Daarom wordt de invoer van de permanente belasting niet verbonden met de liggers of samengestelde delen van liggers toegevoegd in de huidige (actieve) bouwphase.

(2) De tweede mogelijkheid van de invoer van eigen gewicht kan alleen worden toegepast op liggers die zijn toegevoegd in de huidige (actieve) bouwfase op toegevoegde onderdelen van liggers. Het juiste belastinggeval moet van het "eigen gewicht" type zijn. Geen invoer van andere belastingen is mogelijk in een dergelijk belastinggeval. Daarom wordt, wanneer het "eigen gewicht" belastinggeval is gespecificeerd in de huidige bouwfase, alleen een increment van het constructieve eigen gewicht toegepast. Het increment wordt gedefinieerd als het eigen gewicht van dat deel van de constructie (constructieve elementen of hun onderdelen) dat is geïnstalleerd in de huidige bouwfase.

De twee benaderingen zullen worden gedemonstreerd op een eenvoudig voorbeeld.

Voorbeeld: Introductie van eigen gewicht in het model

Laten we een ligger van een T-doorsnede aannemen die wordt gemaakt in twee fasen: (i) hart doorsnede, (ii) samengestelde plaat.



De doorsnede bestaat uit twee fasen: 1 = de "hart" ligger, 2 = de samengestelde plaat.

We zullen drie modelsituaties beschrijven, twee die de eerste benadering (door de gebruiker berekende permanente belasting) gebruiken en een die de tweede gebruikt.

We zeggen niet welke situatie beter is en welke slechter, we beschrijven ze hier alleen om de consequenties van de verschillende benaderingen uit te leggen. Het is aan de gebruiker om te beslissen welke procedure van modelleren het beste de unieke omstandigheden van een bepaald project weergeeft.

Situatie A (door de gebruiker berekend eigen gewicht)

Fase	Actie	Belastinggeval toegewezen aan de bouwfase
1	de ligger storten (fase 1 van de doorsnede wordt geïntroduceerd in het model)	leeg permanent-standaard belastinggeval
2	de samengestelde plaat storten (fase 2 van de doorsnede wordt geïntroduceerd in het model)	leeg permanent-standaard belastinggeval
3	introductie van het handmatig berekende eigen gewicht	permanent-standaard belastinggeval met gedefinieerde belasting die het eigen gewicht van de ligger weergeeft

In deze situatie is de gebruiker volledig verantwoordelijk voor de introductie van het eigen gewicht in het model. Aan de andere kant is het proces volledig onder zijn/haar controle. Allereerst wordt de "hart" ligger geproduceerd. Dan wordt de samengestelde plaat gestort. En alleen aan het einde wordt het eigen gewicht in zijn volle omvang geïntroduceerd. Samenvattend; totdat de samengestelde balk voltooid is, wordt deze niet onderworpen aan een belasting.

Situatie B (door de gebruiker berekend eigen gewicht)

Fase	Actie	Belastinggeval toegewezen aan bouwfase
1	de ligger storten (fase 1 van de doorsnede wordt gedntroduceerd in het model)	leeg permanent-standaard belastinggeval
2	introdutie van het handmatig berekende eigen gewicht	permanent-standaard belastinggeval met gedefinieerde belasting die het eigen gewicht van de ligger weergeeft
3	de samengestelde plaat storten (fase 2 van de doorsnede wordt gedntroduceerd in het model)	leeg permanent-standaard belastinggeval

Weer is in deze situatie de gebruiker volledig verantwoordelijk voor de introductie van het eigen gewicht in het model. Allereerst wordt de "hart" ligger gemaakt en aan geen belasting onderworpen. Dan wordt het eigen gewicht in zijn volle omvang gedntroduceerd. Uiteindelijk wordt de samengestelde plaat gestort. Samenvattend; de "hart" ligger wordt onderworpen aan het eigen gewicht van de hele doorsnede voordat de samengestelde plaat wordt gemaakt.

Situatie C (automatisch berekend eigen gewicht)

Fase	Actie	Belastinggeval toegewezen aan bouwfase
1	de ligger storten (fase 1 van de doorsnede wordt gedntroduceerd in het model)	permanent-standaard belastinggeval
2	de samengestelde plaat storten (fase 2 van de doorsnede wordt gedntroduceerd in het model)	permanent-standaard belastinggeval

In deze situatie wordt het eigen gewicht automatisch en in delen gedntroduceerd. Allereerst wordt de hart ligger gestort en wordt automatisch onderworpen aan het eigen gewicht van de doorsnede, d.w.z. van de "hart" ligger. Wanneer de samengestelde plaat wordt gemaakt, wordt zijn eigen gewicht berekend en toegevoegd aan het bestaande eigen gewicht van de "hart" ligger.

Conclusie

Uit dit zeer eenvoudige voorbeeld volgt dat de berekening fasen analyse bijna ontelbare mogelijkheden toestaat. De gebruiker moet daarom van tevoren nadenken en zich bewust zijn van (i) wat hij/zij wil modelleren en (ii) wat hij/zij in feite gemaakt heeft.



Opmerking: Wanneer de **Bouwfases** module wordt gecombineerd met de **TDA** module, openen andere mogelijkheden zich. Bijv. is het mogelijk om storten op een bekisting te modelleren (zodat zelfs de situatie C niet resulteert in de introductie van het eigen gewicht in één keer), de bekisting te verwijderen op een gespecificeerd tijdstip (en mogelijke simultane introductie van het eigen gewicht), enz.

Voorspanning

Een belastinggeval (type permanent – voorspanning) kan worden gespecificeerd en toegewezen aan de huidige fase. Ieder van de "permanente – voorspanning" belastinggevallen wordt weer exclusief toegewezen aan een bouwfase.

Gamma min, Gamma max

Belastingfactoren **Gamma min**, **Gamma max** worden verbonden aan permanente belastinggevallen van beide typen – belasting (γ_G) en voorspanning (γ_P). De belasting factoren $\gamma_{Gmin}(<=1)$, $\gamma_{Gmax}(>=1)$, $\gamma_{Pmin}(<=1)$, $\gamma_{Pmax}(>=1)$ worden

gespecificeerd (voor ieder belastinggeval) in iedere constructie (of gebruik) fase. Wanneer een lange termijn variabele belasting wordt geselecteerd in de combo box **Belastinggeval permanent of lange termijn**, wordt alleen de maximale factor γ_{Qmax} gevraagd, omdat γ_{Qmin} automatisch als nul wordt aangenomen (wanneer alle variabele belasting is verwijderd). Tegelijkertijd verschijnt de toegevoegde factor $\psi < 1$. Factor ψ specificeert het lange termijn gedeelte van de belasting. Wanneer een permanente, voorspanning of variabele BG wordt toegepast in een bouwphase, kan het nooit meer worden toegepast (exclusiviteit), omdat de configuratie van de constructie kan worden veranderd in de volgende constructie stappen en de resultaten verschillend zouden zijn.

In feite worden geen belastingfactoren toegepast in de TDA berekening (kruipanalyse) zelf. Daarom zullen de resultaten van kruip belastinggevallen, die zijn gegenereerd door TDA, ook geen belastingfactoren inbegrepen hebben (beter gezegd, belastingfactor is gelijk aan 1.0). Nadat de berekening is uitgevoerd, worden zowel GGT als UGT combinaties automatisch gegenereerd. Voor UGT combinaties worden alle factoren voor eigen gewicht γ_G , voorspanning γ_P , quasi-permanente γ_Q belasting, en kruip γ_C toegepast door gebruik te maken van zowel hun maximale (≥ 1) als minimale (≤ 1) waarden.

Alle combinaties, vereist door de normen (voor EC2 blijvend en tijdelijk, toevallig, seismisch, zeldzaam, frequent quasi-permanent), moeten handmatig worden gedefinieerd als "omhullende combinaties".

Twee typen van variabele belasting kunnen worden toegepast in gebruiksfases: korte termijn belastinggeval en lange termijn belastinggeval (quasi-permanent). Deze classificering heeft geen verbinding met typen belastinggevallen die ergens anders in Scia Engineer zijn gespecificeerd. Daarom wordt het lange termijn variabele belastinggeval alleen geïdentificeerd door het specificeren van het lange termijn gedeelte van de belasting (door coëfficiënt $0 \leq \psi \leq 1$ te gebruiken). Het lange termijn gedeelte van de belasting wordt dan gebruikt voor kruip analyse in TDA. Quasi-permanente belasting wordt samen met andere belastingen toegepast op een gespecificeerde gebruiksfase in TDA. Wanneer het lange termijn belastinggeval wordt toegepast, kan het nooit meer opnieuw worden toegepast, omdat het quasi-permanente deel (ψ) van de belasting zal worden toegepast in TDA en het zal een extra kruip van beton veroorzaken. Het quasi-permanente deel (ψ) van het belastinggeval wordt aangenomen op de constructie te blijven tot het einde van zijn gebruiksleven. De resultaten van de lange termijn belastinggevallen worden ook berekend door standaard ESA en ze worden toegepast (met nul of volledige waarde) in alle combinaties, gegenereerd voor deze en volgende gebruiksfases. Het betekent dat wordt aangenomen dat de quasi-permanente waarde van variabele belasting kan worden verwijderd van de constructie (of variabele belasting kan worden toegepast door zijn volledige waarde) voor een korte tijd (zonder invloed op kruip). Het lange termijn belastinggeval kan niet worden toegepast in bouwfasen (alleen in gebruiksfases).

Variabele belastinggevallen

Variabele belastingen (onmiddellijk en korte termijn) kunnen worden toegevoegd in de huidige fase. Het is mogelijk om een willekeurige hoeveelheid belastinggevallen die van tevoren zijn gedefinieerd, toe te voegen. De belasting gedefinieerd in dit dialoogvenster wordt aangenomen tijdelijk te zijn en niet meegenomen in de TDA analyse. Wanneer het variabele belastinggeval wordt toegepast in de bouwphase, moet deze worden gekopieerd in een nieuw belastinggeval voordat het kan worden gebruikt in een andere bouwphase. We moeten ons realiseren, dat de resultaten van dezelfde belasting kunnen verschillen voor verschillende bouwfasen, omdat de samenstelling van de constructie verandert. Vanaf de eerste gebruiksfase kan het korte termijn belastinggeval herhaaldelijk worden toegepast, omdat de constructie niet verandert tijdens gebruik, en de reacties (resultaten) gelijk zijn voor alle gebruiksfases. De korte termijn belastinggevallen worden berekend door standaard Scia Engineer zonder invloed van de leeftijd van beton en met alle materialen met een leeftijd boven 28 dagen.

De veranderingen aan het constructieve schema definiëren

Voordat bouwfasen kunnen worden ingevoerd, is het noodzakelijk alle lastdragende elementen, kabels, grensomstandigheden en belastinggevallen die relevant zijn voor de constructie te definiëren. Door het volgen van de werkelijke voortgang van de constructie worden alle elementen, kabels, ondersteuning, enz. geleidelijk in de constructie meegenomen. Wanneer een element wordt verwijderd of wanneer een grensomstandigheid wordt veranderd, worden interne

krachten en overeenkomende reacties automatisch toegevoegd aan de belasting waaraan de constructie wordt onderworpen.

In iedere constructiefase kunt u:

- een nieuwe staaf toevoegen aan het constructieve schema,
- de bestaande staaf uit het constructieve schema verwijderen,
- een nieuwe ondersteuning in het constructieve schema toevoegen,
- de bestaande ondersteuning uit het constructieve schema verwijderen.

Al deze acties kunnen worden gedaan in de dienst **Bouwfasen**.

Procedure voor het toevoegen van een staaf

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Selecteer (of definieer) de benodigde bouwfase (aan de bovenzijde van het dialoogvenster).
3. Roep de functie **Staven > Staaf toevoegen** op.
4. Selecteer de gedefinieerde staven die zouden moeten worden toegevoegd aan het constructie schema in de huidige fase.
5. Beëindig de functie en sluit wanneer nodig de service.

Procedure voor het verwijderen van een staaf

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Selecteer (of definieer) de benodigde bouwfase (aan de bovenzijde van het dialoogvenster).
3. Roep de functie **Staven > Staaf verwijderen** op.
4. Selecteer de gedefinieerde staven die zouden moeten worden verwijderd van het constructieve schema in de huidige fase.
5. Beëindig de functie en sluit wanneer nodig de service.

Procedure voor het toevoegen van een ondersteuning

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Selecteer (of definieer) de benodigde bouwfase (aan de bovenzijde van het dialoogvenster).
3. Roep de functie **Steunpunten > Ondersteuning toevoegen** op.
4. Selecteer de gedefinieerde ondersteuning die zouden moeten worden toegevoegd aan het constructieve schema in de huidige fase.
5. Beëindig de functie en sluit wanneer nodig de service.

Procedure voor het verwijderen van een ondersteuning

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Selecteer (of definieer) de benodigde bouwfase (aan de bovenzijde van het dialoogvenster).
3. Roep de functie **Steunpunten > Verwijder ondersteuning** op.

4. Selecteer de gedefinieerde ondersteuningen die zouden moeten worden verwijderd van het constructieve schema in de huidige fase.
5. Beëindig de functie en sluit wanneer nodig de service.

De hele fase verwijderen

Wanneer nodig is het mogelijk om de volledige definiëring van de huidige bouwphase te verwijderen. Gebruik de functie **Verwijder invoergegevens van fase** uit de dienst **Bouwfasen**.

Gefaseerde doorsnede

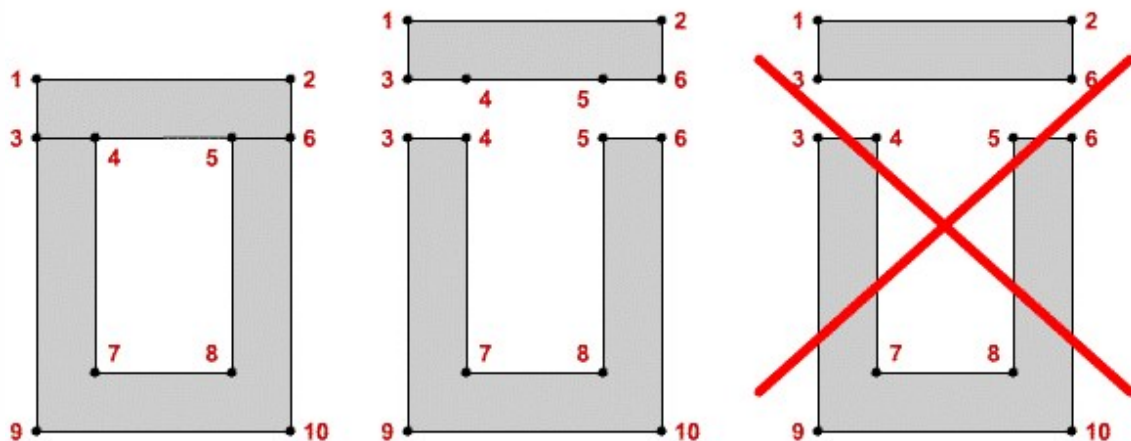
Dit hoofdstuk is gerelateerd aan de Analyse van bouwfasen en Tijdsafhankelijke analyse.

De modules **Bouwfasen** en **TDA** kunnen gebruik maken van alle typen databasedoorsneden in Scia Engineer. Er is een nieuwe functie "gefaseerde doorsnede" geïntroduceerd voor die modules. Gefaseerde doorsneden bestaan uit twee of meer delen, die elk van een ander materiaal kunnen zijn. Met gefaseerde doorsneden kunnen samengestelde constructies worden gemodelleerd. De doorsnede wordt stap voor stap opgebouwd beginnend bij fase 1. Iedere fase van de doorsnede wordt gemodelleerd door middel van afzonderlijke eindige elementen met excentriciteit in de lengterichting. Daarom zal de spanningsverdeling tussen twee verschillende fasen van doorsneden verschijnen in de TDA-berekening vanwege kruip en krimp van beton. Als een fase bestaat uit meer afzonderlijke delen (van hetzelfde of verschillende materialen), zal slechts één eindig element worden gegenereerd voor die fase tussen twee knopen van het EEM-net. Doorsnedekarakteristieken van afzonderlijke delen zullen worden getransformeerd tot één materiaal. Van het gegenereerde eindige element zal de doorsnedekarakteristiek zijn getransformeerd. Om die reden kan geen spanningshervreiding worden verwacht in de berekening tussen individuele delen van één fase.

Gefaseerde doorsneden kunnen worden gemaakt als een **Algemene doorsnede**. Een algemene doorsnede kan worden gedefinieerd door middel van een veelhoektekening of door conversie van andere typen databasedoorsneden. Ook kan een aantal vooraf gedefinieerde brugdoorsneden worden gedefinieerd als gefaseerd. Er kunnen maximaal tien fasen worden gedefinieerd voor één doorsnede.

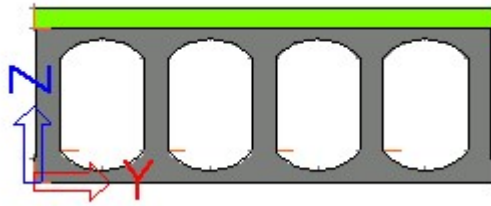
Gedetailleerde informatie over de algemene doorsnede module wordt gegeven in het hoofdstuk **Doorsneden > Algemene doorsnede**. De belangrijke beperking in Scia Engineer is dat slechts één gefaseerde doorsnede kan worden gedefinieerd voor een 1D-staaf! Daarom is het niet mogelijk de gefaseerde doorsnede in de willekeurige ligger (d.w.z. de 1D-staaf bestaande uit verschillende doorsneden gemaakt van verschillende doorsneden) te gebruiken.

Aan een belangrijke conditie moet zijn voldaan wanneer een gefaseerde algemene doorsnede wordt gemaakt. De conditie wordt duidelijk in de volgende afbeelding.



Voorbeeld van een gefaseerde doorsnede

De volgende afbeelding toont een kanaalplaat [fase 1] (400 mm hoog) met een 50 mm dekking [fase 2].



Netgrootte voor liggers met gefaseerde doorsnede

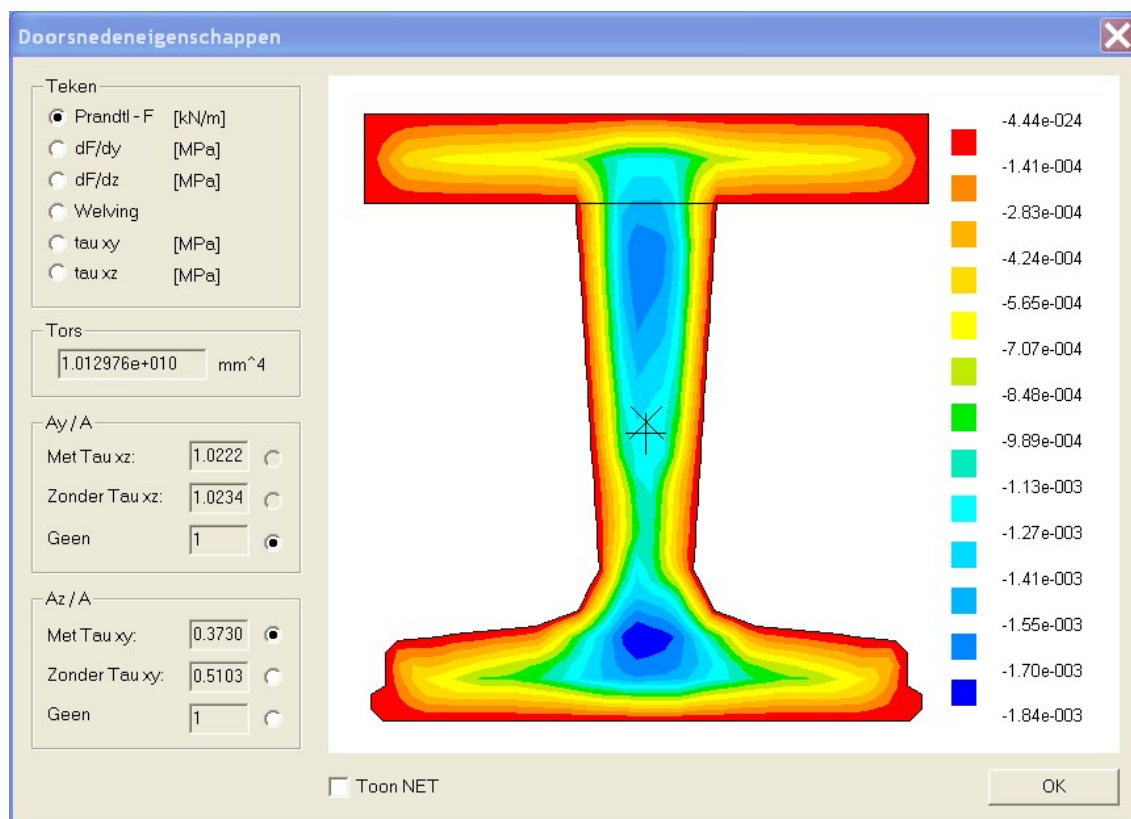
Een ligger met een gefaseerde doorsnede vereist een tamelijk fijn (eindig element) net. Dit fijne net is noodzakelijk om goede en betrouwbare resultaten te verkrijgen.

De grootte van eindige elementen voor liggers met een gefaseerde doorsnede wordt bepaald door de parameter **Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding** vanuit het dialoogvenster Instellingen EE-net.

Doorsnedekarakteristieken van gefaseerde doorsnede

Het wordt aangeraden EEM-analyse te gebruiken voor de berekening van doorsnedekarakteristieken van een gefaseerde doorsnede. Dit kan worden gedaan in het bewerkingsvenster van een doorsnede door het aanklikken (selecteren) van de optie **EEM berekening**. Wanneer deze optie ingeschakeld is, start het programma een speciale engine om de doorsnedekarakteristieken te berekenen.

Het resultaat van de berekening wordt getoond in een afzonderlijk dialoogvenster.



Het is mogelijk een aantal resultaten te zien en ook de wijze van bepaling van dwarskrachtgerelateerde parameters: A_y/A en A_z/A (zie de opmerking hieronder).

Opmerking : Het is aan de gebruiker om de dwarskrachtgerelateerde waarden te bekijken en de juiste (of meest juiste) handmatig te selecteren.

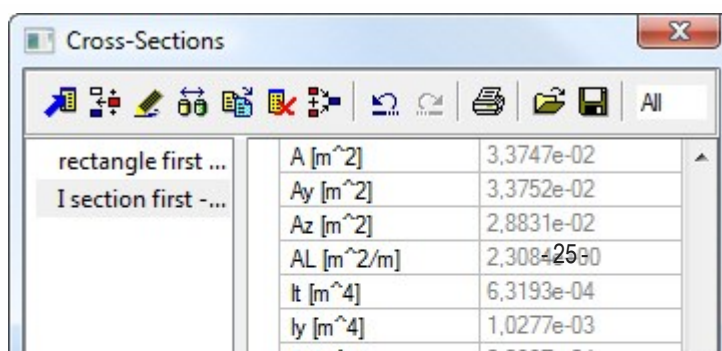
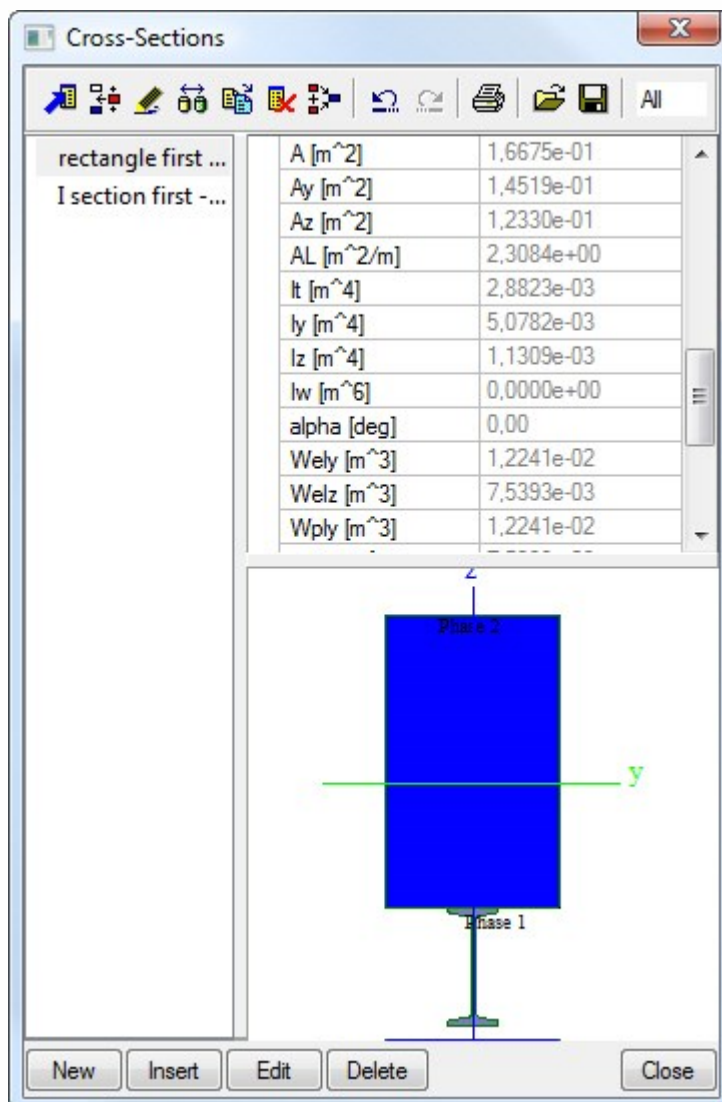
Doorsnedekarakteristieken voor doorsneden met meerdere materialen

De doorsnedekarakteristieken worden getransformeerd tot een ideale doorsnedekarakteristiek.

Voor gefaseerde doorsneden uit de programmabibliotheek worden de karakteristieken gerelateerd aan het materiaal van de eerste fase van de doorsnede (d.w.z. het materiaal van het deel van de doorsnede die de eerste fase vormt).

Voor algemene doorsneden worden de karakteristieken gerelateerd aan het materiaal van het eerst ingevoerde deel van de doorsnede, onafhankelijk van de fasen.

Vergelijk de volgende twee afbeeldingen. Dezelfde algemene doorsnede bestaande uit een betonnen rechthoekige doorsnede en stalen I-doorsnede. In de eerste is de rechthoek gedefinieerd als eerste deel. In de tweede is de I-doorsnede gedefinieerd als eerste deel.



De introductie van een nieuwe fase van de doorsnede definiëren

Het hoofdstuk [De veranderingen aan een constructief schema definiëren](#) beschrijft hoe u een nieuwe staaf of een nieuwe ondersteuning in een specifieke bouwphase moet introduceren.

Dit hoofdstuk gaat over de introductie van een nieuw deel van een gefaseerde doorsnede, bijv. storen van samengestelde plaat.

Procedure voor het installeren van een nieuwe doorsnede fase

1. Selecteer de ligger met de gefaseerde doorsnede.
2. Het eigenschappenvenster toont de eigenschappen van de ligger.
3. Een van de eigenschap groepen heet **Bouwfasen**.
4. Gebruik het onderdeel **Toevoegen** om de fase te definiëren waarin het basisdeel (fase één) van de doorsnede is geïnstalleerd.
5. Gebruik het onderdeel **Afwerklaag** om de fase te definiëren waarin het tweede deel (fase twee) van de doorsnede is geïnstalleerd.

De berekening uitvoeren

Zowel de Analyse van Bouwfasen en de TijdsAfhankelijke Analyse worden op dezelfde manier gelopen.

Procedure voor het lopen van ACF / TDA

1. Roep de menufunctie **Berekening, Net > Berekening** op.
2. Selecteer de **Bouwfase analyse**.
3. Klik op **[OK]** om de berekening te starten.



Opmerking: Wanneer de TijdsAfhankelijke Analyse is gestart, kan het programma een waarschuwing tonen dat een aantal solver en net parameters moeten worden aangepast om aan de analyse vereisten te voldoen. U kunt de automatische aanpassing selecteren en doorgaan met de berekening, of de berekening stoppen en handmatige aanpassingen maken volgens de hoofdstukken [Net instellingen](#) en [Berekening instellingen](#).

Resultaten van bouwfasen analyse

Wanneer de Bouwfasen Analyse (soms afgekort als BA) is uitgevoerd, kunnen de resultaten worden bekeken.

Over het algemeen zult u geïnteresseerd zijn in twee typen of groepen resultaten.

Resultaten voor belastinggevallen	Omdat iedere bouwphase wordt toegewezen aan een belastinggeval (en dit belastinggeval exclusief is voor die bouwphase, d.w.z. het wordt niet gebruikt met een andere bouwphase), tonen de resultaten voor belastinggevallen de bijdrage van de bepaalde bouwphase aan de gehele verdeling van een gegeven kwantiteit.
--	---

Resultaten voor belastinggevallen	Het programma genereert automatisch resultaat klassen tijdens de Bouwfasen Analyse. Twee resultaat klassen worden gegenereerd voor iedere fase: UGT klasse en GGT klasse. (UGT klasse neemt de belastingfactoren gamma in rekening, GGT neemt ze gelijk aan één (1)). De klassen worden genummerd van 1 tot het nummer van de laatst geanalyseerde fase. De resultaten in iedere klasse tonen de huidige algehele status (conditie) van de constructie na de bepaalde bouwfase.
--	---

Niet-lineaire bouwfasen

De Analyse van Bouwfasen (ACF) kan ook worden uitgevoerd als een niet-lineaire analyse. Alles wat is uitgelegd over lineaire Analyse van Bouwfasen is ook geldig voor dit geavanceerde type berekening. Er zijn een aantal verschillen.

Project parameters

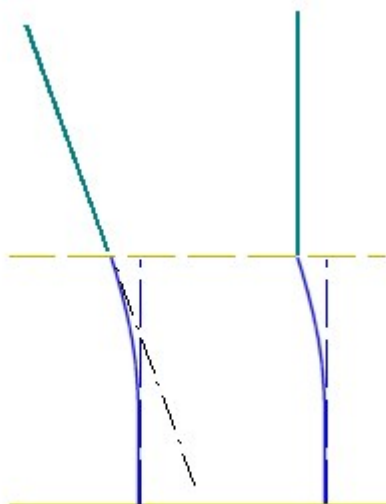
In de **Projectgegevens > Functionaliteit** moeten het onderdeel **Niet-lineariteit** en het subonderdeel **2^eorde – geometrischeniet-lineariteit** zijn geselecteerd.

Raaklijn versus parallelle verbinding van een nieuwe staaf

Het instellingen dialoogvenster voor [bouwfasen](#) biedt één parameter meer.

Verbinding van een nieuwe staaf	Deze parameter definieert de geometrische configuratie gebruikt voor de verbinding van een nieuwe staaf in een nieuwe bouwfase. raaklijn: de nieuwe staaf is verbonden aan de "oude" staaf in de richting van de raaklijn van de vervorminglijn van de "oude" staaf parallel: de nieuwe staaf wordt verbonden aan het einde van de vervormde "oude" staaf in de richting parallel aan de richting van de nieuwe staaf op een onvervormde constructie.
--	--

De afbeelding toont de twee opties. De linkerkant van de afbeelding toont de **raaklijn** optie. De rechter zijde, aan de andere kant, bevat de tweede optie.



TDA – TijdsAfhankelijke Analyse

Het is niet mogelijk de TijdsAfhankelijke Analyse in combinatie met niet-lineaire analyse van bouwfasen uit te voeren.

De berekening uitvoeren

Procedure om niet-lineaire ACF uit te voeren

1. Roep de menufunctie **Berekening, Net > Berekening** op.
2. Selecteer **Niet-lineaire fase analyse**.
3. Klik op **[OK]** om de berekening te starten.

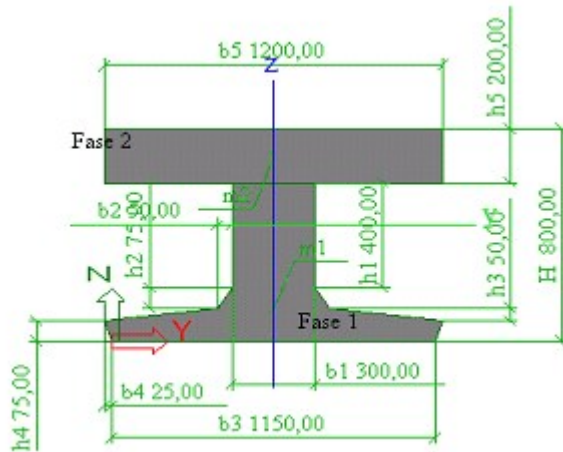
Lineaire vs. niet-lineaire bouwfasen

Het verschil tussen lineaire en niet-lineaire bouwfasen

Lineaire bouwfasen



Lineaire bouwfasen zijn hoofdzakelijk voor de berekening van voorgespannen constructies ontwikkeld. Hiermee kunt u het bouwproces en de levenscyclus van de constructie modelleren. Ondanks het oorspronkelijke doel om deze module alleen op betonconstructies toe te passen kan de module worden gebruikt voor een willekeurig materiaal. U kunt steunpunten, staven en kabels toevoegen of verwijderen. Voor elke bouwphase kunnen de veiligheidsfactoren worden ingesteld voor permanente en variabele belastinggevallen, inclusief voorgespannen belastinggevallen, wat een bandbreedte van min./max. spanningen/krachten/vervormingen/reacties oplevert. Bovendien kunt u doorsneden met segmentconstructie modelleren door de materialen toe te voegen die u heeft gestort (beton) of geïnstalleerd (staal/hout/andere) tijdens de bouwphase.



De module Lineaire bouwfases is gebaseerd op de superpositie (lineairisatie) van belastinggevallen. Dit betekent dat de gebruiker makkelijk resultaten kan controleren door individuele belastinggevallen toe te voegen en te verwijderen.

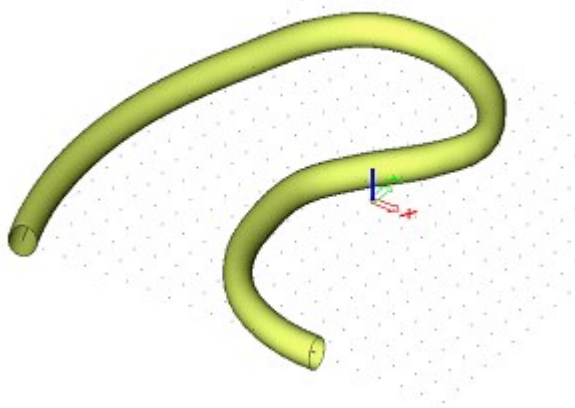


Opmerking: de module Tijdsafhankelijke analyse (TDA) kan niet worden uitgevoerd zonder deze module.

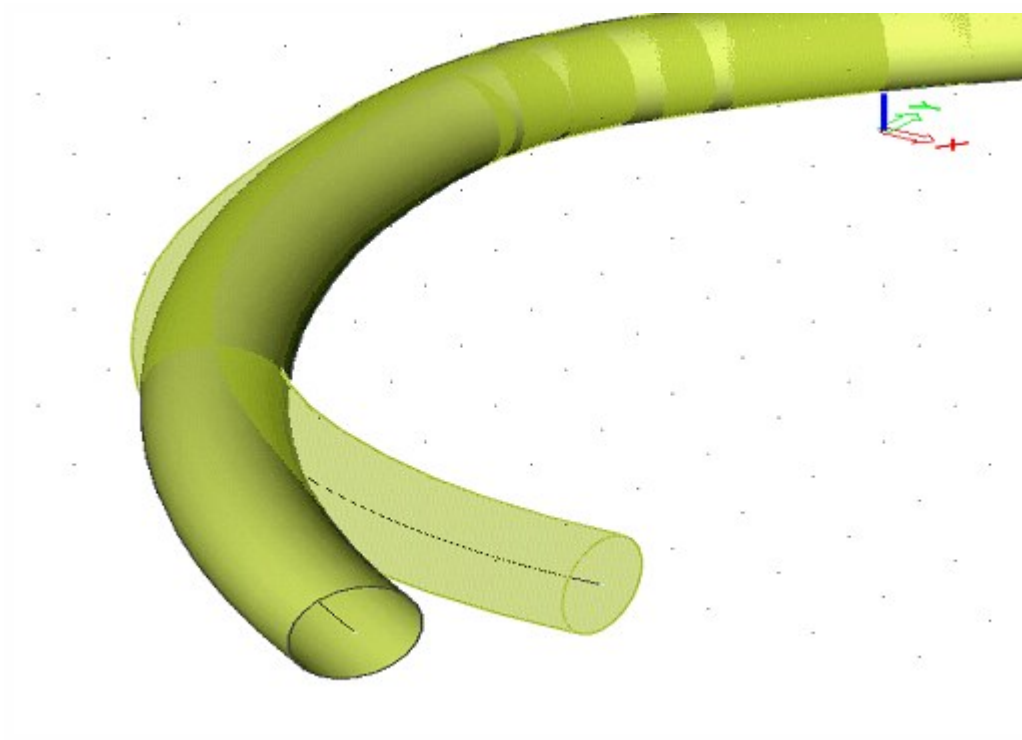
Het nadeel van deze module is dat 2D-elementen alleen kunnen worden toegevoegd aan de constructie maar er niet uit kunnen worden verwijderd. Bovendien kunnen Young-modules niet worden gewijzigd, en kunnen scharnieren niet worden toegevoegd of verwijderd.

Niet-lineaire bouwfases

Niet-lineaire bouwfases zijn oorspronkelijk ontwikkeld voor de analyse van pijplijnsystemen. In wezen wordt hierbij rekening gehouden met de vervormde constructie van de vorige fase en wordt een nieuwe bouwfase berekend. Daarom wordt de term "niet-lineair" gebruikt. Deze module kan worden gecombineerd met niet-lineaire condities en fysieke en geometrische niet-lineariteit. Bouwfases voor deze module worden ingevoerd volgens hetzelfde principe en via dezelfde dialogvensters als lineaire bouwfases.



Deze module is gebaseerd op de 2e-orde theorie van de methode Newton-Raphson en vereist een aangepast net en een juiste verhoging van de last. De module genereert niet-lineaire combinaties, die elk een bouwfase vertegenwoordigen. De veiligheidsfactoren staan allemaal op 1,0, d.w.z. er is geen bandbreedte van resultaten (min./max.).



Het nadeel van deze module is dat de module niet kan worden gebruikt voor 2D-elementen en TDA (Tijdsafhankelijke analyse).

TDA (Time Dependent Analysis)

TDA instellingen

Deze waarden moeten worden ingesteld voor de TDA.

Belastingfactoren

gamma-kruip min (≤ 1); gamma-kruip max (≥ 1)	Deze parameters, die gebruikelijk zijn voor alle constructie en dienst fasen, kunnen worden gespecificeerd voor gegenereerde kruip belastinggevallen. In feite zullen geen belastingfactoren worden toegepast in TDA berekeningen. Daarom zullen de resultaten van kruip belastinggevallen die zijn gegenereerd door TDA, ook geen belastingfactoren in zichzelf dragen (beter gezegd belastingfactor = 1.0). Nadat de berekening is uitgevoerd, worden zowel GGT als UGT combinaties gegenereerd. Voor UGT combinaties zullen alle factoren (gamma min en gamma max) voor eigen gewicht, voorspanning, quasi-permanente belasting en kruip worden toegepast door gebruik te maken van zowel hun maximale als minimale waarden.
Genereer uitvoer tekstbestand	Wanneer deze controlebox is aangevinkt, wordt een tijdelijk uitvoer tekstbestand gegenereerd in de folder voor analyse gegevens en tijdelijke bestanden.

Tijd geschiedenis

Aantal subintervallen	Het aantal subintervallen op de gedetailleerde tijd-as. De subintervallen volgend op het eerste tijdsubinterval, worden gegenereerd in log schaal. Deze parameter heeft een impact op de nauwkeurigheid van de oplossing van betonkruip. Zie Ook Tijd-as .
Vochtige omgeving	Vochtigheid in percentages.

Staafgeschiedenis

Iedere staaf heeft zijn eigen geschiedenis in de lokale tijd-as die o.a. tijdstip van storten, einde van het verharderen, enz. bevat. Alle gegevens ingesteld in het instellingen dialoogvenster worden gerelateerd aan de lokale tijd-as van de betrokken 1D staaf. De oorsprong van de lokale tijd-as (nul tijd) wordt ingesteld op de tijd wanneer de juiste stijfheid van de macro wordt geïntroduceerd (toegevoegd) in de globale stijfheidsmatrix van de hele constructie ("geboorte van de staaf"). De relevante staaf wordt opgelicht met een speciale kleur in de tekening in het hoofd grafisch venster. De oorsprong van de lokale tijd-as wordt dan geplaatst in de globale tijd van de huidige bouwfase.

Tijdstip van storten	Tijdstip van het storten van beton in dagen. Het is mogelijk een negatieve waarde in te vullen. In een dergelijk geval wordt de stijfheid van de elementen tussen het tijdstip van storten en de geboorte van de macro (nul lokale tijd) niet inbegrepen in de globale stijfheid matrix. Tegelijkertijd is de leeftijd van betonelementen correct.
Verhardingstijd	Tijd van verharderen van beton in dagen. In het geval van "gefaseerde doorsnede" het is de tijd van verharderen van beton uit fase één in dagen.

Verhardingstijd van onderdelen van doorsnede	Alleen significant in het geval van "gefaseerde doorsnede". Het is de tijd van het verharden van beton van de tweede fase (in samengestelde onderdelen) in dagen. Deze invoerwaarde is in feite de duur van het verharden van betonnen onderdelen van de doorsnede – het is gerelateerd aan de lokale tijd-as van het samengestelde deel.
Lijnondersteuning (bekisting)	De leeftijd van beton wordt gerespecteerd bij de berekening van zijn elasticiteitsmodulus. In vroeg stadium moet het verse beton juist ondersteund worden door vormwerk (centreren). Het is daarom mogelijk om lijnondersteuning van 1D staven te definiëren.
Tijdstip van vrij-laten van ver-plaatsingen in X-richting, Tijdstip van vrij-laten ver-plaatsingen in Z-richting	Spreekt voor zich. X, Z zijn assen van het globale coördinatensysteem.

Procedure voor het aanpassen van TDA parameters

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Start de functie **Instellingen**.
3. Voer de benodigde parameters in.
4. Bevestig met **[OK]**.
5. Sluit het Instellingen dialoogvenster.



Opmerking: Het TDA gedeelte van het dialoogvenster instellingen is ALLEEN beschikbaar wanneer de TDA module beschikbaar is, d.w.z. wanneer het project bijv. van het Raamwerk XZ-type .

Materiaal instellingen

Deze waarden moeten worden ingesteld voor de Analyse van bouwfasen en TDA.

Standaard materialen beschikbaar in de Scia Engineer materialen bibliotheek kunnen worden gebruikt in TDA en ACF modules. Het aantal materiaaleigenschappen voor beton is toegenomen en de invloed van veroudering (normafhankelijk) is geïntroduceerd. Ook de gegevens van de samenstelling van beton zijn toegevoegd voor de TDA doeleinden om kruip en krimp van beton in rekening te brengen. Een nieuwe mogelijkheid om de gemeten waarden van de gemiddelde druksterkte van beton te definiëren is toegankelijk voor EC2 beton.

Bij het aanklikken van de checkbox **Gemeten waarden van gemiddelde druksterkte (invloed van ouderdom)** (in het bewerken van materiaal dialoogvenster, geopend uit de Materialen bibliotheek manager) komen nieuwe opties ter beschikking. De gebruiker kan gemeten waarden van gemiddelde druksterkte van beton op een leeftijd van beton t_1 en t_2 ($t_1 < t_2$) invoeren. Een van de invoerwaarden kan gelijk zijn aan 28 dagen. Dit onderdeel van het programma zou vooral gebruikt kunnen worden voor snel hardend beton of in het geval van een samenstelling gemaakt om de verharding van beton te versnellen (in de prefab industrie). Rekening houdend met de invoer parameters, worden de aangepaste CEB FIP1990 [2] functies voor de ontwikkeling van sterkte en elasticiteitsmodulus (veroudering) gebruikt.

Een aantal gegevens zijn normafhankelijk.

CSN

Water inhoud	Inhoud van water in beton.
--------------	----------------------------

EC2

Cementklasse	Het kan langzaam hardend, normaal hardend, snel hardend of snel hardend, hoge sterkte zijn.
--------------	---

Net instellingen

Deze waarden moeten worden ingesteld voor de TDA.

- **Minimum afstand tussen twee punten** ≥ 0.001 m
- **Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element** moet ≥ 2 zijn.
- De geometrie van eindige elementen die de voorgespannen kabels weergeeft, wordt gegenereerd uit de echte kabelgeometrie met inbegrip van de krommen en hoeken van de basis (invoer) kabel veelhoek. De eindige elementen maken dan de veelhoek met de hoeken op een gelijke afstand aan de **Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding**. Na de definiëring van de element geometrie, wordt het net verdicht volgens de optie **Gemiddeld aantal tussenpunten op 1D element**, zonder invloed achteraf op de geometrie van kabel elementen. Daarom moet de optie **Gemiddelde grootte van kabels, staven op elastische bedding** worden gekozen volgens de benodigde nauwkeurigheid van het modelleren van de kabelgeometrie.
- **Generatie van knopen bij puntlasten op staven** = aan.

Voor redenen van numerieke stabiliteit van de TDA oplossing wordt aanpassing van het volgende aanbevolen:

- **Minimum lengte van staafelement** = 0.05 m.

Procedure voor aanpassing van net parameters

1. Start menu functie **Instellingen > Net**.
2. Pas de benodigde parameters aan.
3. Bevestig met **[OK]**.

Berekening instellingen

Deze waarden moeten worden ingesteld voor de TDA.

- **Aantal sneden op gemiddelde staaf** (element) = 1 (detail resultaten van interne krachten op tussenliggende sneden kunnen worden verkregen door het net te verfijnen).

Procedure voor het aanpassen van solver parameters

1. Start menu functie **Instellingen > Solver**.
2. Pas de benodigde parameters aan.
3. Bevestig met **[OK]**.

Lokale ligger geschiedenis

Iedere ligger heeft zijn eigen geschiedenis in de lokale tijd-as die bijv. tijdstip van storten en eindtijdstip van verharding bevat. Alle gegevens die in dit dialoogvenster worden ingesteld, zijn verbonden met de lokale tijd-as van de betrokken staaf. De oorsprong van de lokale tijd-as (nul tijd) wordt ingesteld op het moment wanneer de juiste stijfheid van de macro is gedinstalleerd (toegevoegd) aan de globale stijfheid matrix van de hele constructie ("geboorte van de ligger"). De betrokken ligger wordt geel in de tekening in het hoofd grafisch venster. De oorsprong van de lokale tijd-as wordt dan op de globale tijd van de huidige bouwfase gelokaliseerd

Tijdstip van storten	Tijdstip van storten van beton in dagen. Het is mogelijk om een negatieve waarde in te voeren. In een dergelijk geval wordt de stijfheid van de elementen tussen de tijd van het storten en de geboorte van de macro (nul lokale tijd) niet inbegrepen in de globale stijfheid matrix. Tegelijkertijd is de leeftijd van de betonelementen correct.
Tijdstip van einde van verharding	Tijd in dagen wanneer het verharden van beton is geëindigd. Het beton krimpt niet tijdens het verharden. In het geval van "gefaseerde doorsnede" is het de tijd van verharden van beton van fase één in dagen.
Tijdstip van verharding van de onderdelen van de doorsnede	Alleen significant in het geval van "gefaseerde doorsnede". Het is de verhardingstijd van beton van de tweede fase (van onderdelen) in dagen. De invoerwaarde is in feite de duur van verharding van betononderdelen van de doorsnede 0 het is gerelateerd aan de lokale tijd-as van het onderdeel.
Lijnondersteuning (bekisting)	De leeftijd van beton wordt gerespecteerd bij de berekening van zijn elasticiteitsmodulus. In vroeg stadium moet het verse beton juist ondersteund worden door bekisting (centreren). Het is daarom mogelijk om lijnondersteuning van 1D staven te definiëren.
Tijdstip van opbouw van bekisting	(informatief) Het tijdstip is gelijk aan het tijdstip van storten.
Tijdstip van vrijlaten van verplaatsingen in X-richting, Tijdstip van vrijlaten van verplaatsingen in Z-richting	Spreekt voor zich. X, Z zijn assen uit het globale coördinatensysteem.
Tijdstip van vrijlaten van rotatie	(informatief) Het tijdstip is gelijk aan de grootste van de vorige twee waarden.

Procedure voor de invoer van de ligger lokale geschiedenis

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Start de functie **Lokale geschiedenis**.
3. Vul de benodigde parameters in.
4. Bevestig met **[OK]**.
5. Selecteer de benodigde staaf waaraan de gedefinieerde geschiedenis zou moeten worden toegewezen.
6. Beëindig de functie.

De liggers met gedefinieerde lokale ligger geschiedenis worden gemarkeerd met het symbool LLG.



Opmerking: Wanneer een ligger wordt toegevoegd in het model door gebruik te maken van de **Bouwfases** dienst, verschijnt het fysiek in het model en wordt toegevoegd aan de stijfheidsmatrix. Aan de andere kant kan een **Lokale ligger geschiedenis** specificeren dat een dergelijke ligger bijv. een paar dagen oud is en het beton reeds gedeeltelijk of volledig gehard.

Tijd-as

De tijd is een nieuwe kwantiteit in de TDA analyse. Allereerst definieert de gebruiker een globale tijd-as als een van de parameters van iedere bouwfase. Deze tijd wordt toegewezen aan de huidige fase. Toegevoegde tijdknopen worden voor TDA gegenereerd, zie lokale geschiedenis van een ligger. Daarom is het aantal tijdknopen groter dan het aantal fasen. Toegevoegde tijdknopen die nodig zijn voor de juiste nauwkeurigheid van de kruip analyse kunnen worden gegenereerd in het dialoogvenster **Tijd-as bewerken**. Een logaritmische schaal wordt gebuikt voor de tijd-as tekening in het dialoogvenster **Tijd-as bewerken**.

Allereerst voert de gebruiker de globale tijd van de eerste bouwfase in, welke de eerste tijdknoop van de "Tijd-as van bouwfases" is. Wanneer we bijvoorbeeld aannemen dat de (lokale) tijd van storten van de eerste macro -3 dagen is, dan wordt aanbevolen +3 dagen in te voeren als tijd van de eerste fase (maar niet noodzakelijk). Wanneer we dit doen, zal de tijd van de eerste bouwfase in de globale tijd-as nog steeds +3 dagen zijn, ook na samenvoeging van de lokale tijd-as met de tijd-as van de bouwfases. De oorsprong van de tijd-as wordt altijd verschoven naar het tijdstip van storten van de eerste staaf! Nu hebben we "Samenvoeging van lokale tijd-assen" (tijd-as van fasen + lokale tijd-assen): $t_0, t_1, t_2, \dots, t_i, t_j, \dots, t_n$, en we moeten gedetailleerde tijdknopen genereren t_{i+k} , $k=1, 2, \dots$ tot $t_{i+k} < t_j$ (om de benodigde nauwkeurigheid van de kruipanalyse te verzekeren). Het wordt automatisch gedaan.

Tijd-as bewerken dialoogvenster

Het **Tijd-as bewerken** dialoogvenster bestaat uit drie delen:

- grafisch venster,
- eigenschappen venster,
- invoervenster.

Grafisch venster (van het Tijdas bewerken dialoogvenster)

Het grafische venster toont alle informatie gerelateerd aan de tijd-as:

- aantal sub-intervallen,
- knoopnummer in fase,
- tijdas van bouwfases,
- lokale tijdassen samenvoegen,

- gedetailleerde tijdas,
- totaal aantal sub-intervallen.

Het grafisch venster ondersteunt standaard onderdelen van Scia Engineer grafische venster:

- pop-up menu met een set van zoom, print en exporteer functies,
- **[Ctrl] + [Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te vergroten/verkleinen,
- **[Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te verplaatsen.

Verwijs voor meer informatie ook naar de introductie van dit hoofdstuk en kijk naar de procedure aan het einde van het hoofdstuk.

Eigenschappen venster (van het dialoogvenster Tijdas bewerken)

Dit venster stelt u in staat de benodigde informatie in het grafisch venster te tonen of te verbergen. Het is ook mogelijk om kleuren van individuele diagrammen aan te passen en de schaal van de tekst en de afbeelding in te stellen.

Lees alstublieft ook de procedure aan het einde van dit hoofdstuk.

Invoer venster (van het dialoogvenster Tijdas bewerken)

Hier kan het aantal sub-intervallen worden ingevoerd voor het geselecteerde interval.

Procedure voor het bewerken van de tijd-as (verander het aantal subintervallen)

1. Open de dienst **Bouwfasen**.
2. Start de functie **Tijd-as**.
3. Het **Tijdas bewerken** dialoogvenster wordt geopend op het scherm.
4. U kunt:
 - a. **de invoergegevens bekijken**: vink de juiste **Beeld** checkbox in het eigenschappen venster van het dialoogvenster aan om de benodigde as te tonen of te verbergen. Om de kleur van de benodigde as te veranderen, vink de kleurbox in het eigenschappenvenster van het dialoogvenster aan, een "drie-punt-knop" wordt geactiveerd, klik dit aan en selecteer de benodigde kleur.
 - b. **het aantal subintervallen veranderen**: Selecteer op de as **Aantal subintervallen** het interval dat u wilt bewerken. De invoerbox in de onderste rechter hoek van het dialoogvenster wordt toegankelijk en toont het huidig gedefinieerde aantal subintervallen voor het geselecteerde interval. U kunt het aantal veranderen.
5. Sluit wanneer gereed het dialoogvenster.



Opmerking: Een klein aantal subintervallen is geschikt voor de eerste analyse en het tunen van het model. De nauwkeurigheid is niet perfect, maar de berekening is snel en noodzakelijke herberekening neemt niet veel van uw waardevolle tijd in beslag. Wanneer een model getuned is, wordt het sterk aanbevolen het aantal subintervallen te vergroten om een bevredigende nauwkeurigheid van de resultaten te verkrijgen.

Eindig Element formulering

De methode, gebruikt voor de tijdsafhankelijke analyse, is gebaseerd op een stap voor stap procedure, waarin het tijdsdomein wordt onderverdeeld door tijdknopen. De eindige element analyse wordt uitgevoerd in iedere tijdknoop. Lineaire verouderings viscoelastische theorie wordt toegepast voor de kruip analyse.

De doorsneden van de constructieve staven bestaan normaal gesproken uit verschillende materialen, bijv. betonnen ligger of samengestelde plaat, voorgespannen kabels of wapening, die zijn gemodelleerd door individuele elementen. Daarom moet de centrale as van het element worden geplaatst in een excentriciteit, gerelateerd aan de referentie as die de knopen verbindt. Volledige compatibiliteit bij grenzende oppervlakten van twee excentrische elementen moet verzekerd zijn. Dat is waarom het eindige element met twee externe en een interne knoop wordt gebruikt. De interne knoop is gesitueerd in het midden van het element. Om aan de eis van compatibiliteit van twee excentrische elementen gefixeerd in overeenkomende knopen te voldoen, worden de axiale en transversale verplaatsingen geschat door de polynomiale functie van respectievelijk de orde 2 en 3. Alle elementen met verschillende excentriciteit, welke identieke knopen verbinden vormen de subconstructie. De statische condensatie van interne knoop parameters wordt gebruikt, dus de volledige compatibiliteit tussen excentrische elementen is voltooid.

De doorsnede van het element is constant langs de lengte van het element. Lineaire verdeling van normaalkrachten en buigende momenten en constante verdeling van dwarskrachten langs de lengte van het element wordt aangenomen. Een relatief gedetailleerde onderverdeling van de constructieve staaf op eindige elementen is daarom vereist.

Modelleren van voorspanning

De voorspankracht is niet constant langs de lengte van de kabel en over de tijd. Het moet worden beschouwd op verschillende doorsneden en verschillende bouwfasen rekening houdend met de voorspanverliezen. Een aantal verliezen worden van tevoren berekend door de "pre-processor". Dit zijn korte termijn verliezen en worden gemarkeerd met "**A**" (in "advance", zie hieronder. Omdat de kabels (of groepen kabels) worden gemodelleerd als individuele excentrische elementen, zal de berekening van de andere verliezen worden inbegrepen in de "methode" ("**M**" gemarkeerd) voor de constructieve analyse zelf. De TDA solver berekent deze typen verliezen automatisch en ze worden weergegeven in **Resultaten > Kabel spanningen**.

Verliezen tijdens spannen (voor of tijdens de overdracht van voorspanning):

- Verankeringsverlies, **A**
- Verliezen door sequentiële voorspanning (veroorzaakt door de elastische vervorming van beton), **M**
- Verliezen door vervorming van spanbed, **A**
- Verliezen door elastische vervorming van knooppunten van samengestelde constructies die sequentieel zijn voorgespannen, **M** (wanneer de knooppunten zijn inbegrepen in het constructieve model)
- Verliezen door staalrelaxatie, **A**
- Verliezen veroorzaakt door het temperatuurverschil tussen het voorspanstaal en het spanbed, **A**



Opmerking: Refereer naar het hoofdstuk [Korte termijn verliezen](#) voor de procedure hoe deze verliezen te berekenen en weer te geven.

Verliezen na overbrengen van voorspanning (lange termijn verliezen):

- Verliezen door staalrelaxatie, **M**
- Verliezen door krimp van beton, **M**

- Verliezen door kruip van beton, **M**



Opmerking: Refereer naar hoofdstuk [Kabelspanningen](#) voor de procedure hoe deze verliezen te berekenen en weer te geven.

Verliezen tijdens gebruik:

- Verliezen (veranderingen van voorspanning) veroorzaakt door gebruikslast, **M** (berekend in standaard Scia Engineer solver)

De lokale tijd-as voor voorgespannen elementen bevat twee knopen. De tijd van voorspanning is gelijk aan de tijd van de fase. Een toegevoegde tijdknoop wordt gegenereerd als de tijd van verankering (installeren van voorgespannen element in stijfheid matrix). Tijdincrement tot verankering is een virtuele tijd. Het doel van het introduceren van deze tijd is het onderscheiden van het moment van equivalente belasting toepassing en het moment van het installeren van de voorgespannen elementen in de stijfheid matrix.

De rek, equivalent van de relaxatie die moet worden gebaseerd op de lange termijn, wordt toegepast in verschillende tijd-knopen die volgen op de tijd van verankering. De incrementen van interne krachten en vervormingen veroorzaakt door de relaxatie worden toegevoegd aan de resultaten van permanente belastinggevallen van de constructie of gebruiksfasen, of ze worden toegevoegd aan "lege" belastinggevallen die automatisch zijn gegenereerd voor kruip en krimp effecten. De effecten van kruip, krimp, en relaxatie worden samengevoegd (ze kunnen niet worden gescheiden, omdat ze in de realiteit op elkaar reageren).

Oplossing strategie

De kruip en krimp van constructieve staven worden voorspeld door de gemiddelde eigenschappen van een gegeven doorsnede, de gemiddelde relatieve vochtigheid en staafgrootte in rekening te brengen. De kruip, krimp en verouderingseffecten kunnen in rekening worden gebracht volgens de ontwerp aanbevelingen van EC2, CSN 73 1201 en CSN 73 6207 (de laatste twee zijn Tsjechische normen). De methode, gebruikt voor kruipanalyse, heeft geen enkele iteratie in één stap nodig en beperkt het type kruip functie niet. Het is gebaseerd op de aanname van lineariteit tussen spanningen en rekken om de toepassing van lineaire superpositie te verzekeren. De ontwikkeling van de elasticiteitsmodulus over de tijd door veroudering, wordt in rekening genomen.

De methode, gebruikt voor de tijdsafhankelijke analyse, is gebaseerd op een stap voor stap computer procedure, waarin het tijdsdomein wordt onderverdeeld door discrete tijdknopen $t_i (i = 1, 2, \dots, n)$ in tijd intervallen. De oplossing in de tijdknoop i is als volgt:

1. De incrementen van rekspanningen, krommen en schuifspanningen veroorzaakt tijdens het interval $\langle t_{i-1}, t_i \rangle$ worden berekend. Overeenkomstig kunnen de krimp spanningen worden berekend.
2. De belasting vector dF_p wordt samengesteld als equivalent van de effecten van gegeneraliseerde rekspanningen berekend in stap 1.
3. De stijfheid matrices **K** van de elementen worden berekend voor de tijd t_i en de stijfheid matrix van de hele constructie **K_g** wordt samengesteld.
4. Het systeem van de vergelijking $K_g d\Delta g = dF_p$ wordt geanalyseerd. De vector van de incrementen van knoop-verplaatsingen $d\Delta g$ wordt toegevoegd aan de vector van totale knoopverplaatsingen Δg .
5. De elementen worden geanalyseerd in het centrale coördinatensysteem (het coördinatensysteem waarin de x-as wordt gemaakt door centra van doorsneden van het element). De incrementen van interne krachten en incrementen

- van elastische rekspanningen worden berekend uit de incrementen van verplaatsingen van de element knopen.
6. De veranderingen van de constructieve configuratie, uitgevoerd op de tijdknoop t_i , worden geïntroduceerd.
 7. De incrementen van gegeneraliseerde rekspanningen van de elementen die zijn voorgespannen (of belast door temperatuur veranderingen) in de tijdknoop t_i worden berekend. De verliezen van de voorspanning door de vervorming van de constructie worden automatisch inbegrepen in de analyse door de incrementen van interne elementkrachten.
 8. De belastingvector $d\mathbf{F}_z$ wordt samengesteld als equivalent van de effecten van gegeneraliseerd rekspanningen berekend in stap 7. De incrementen van andere typen van de lange termijn belasting toegepast in de tijdknoop t_i worden toegepast aan de belasting vector $d\mathbf{F}_z$.
 9. Het systeem van de vergelijking $\mathbf{K}g d\Delta g = d\mathbf{F}_z$ wordt geanalyseerd. De vector van incrementen van knoopverplaatsingen $d\Delta g$ wordt toegevoegd aan de vector van totale knoopverplaatsingen Δg .
 10. De incrementen van interne krachten en incrementen van elastische rekken worden berekend uit de incrementen van verplaatsingen van de element knopen.
 11. De incrementen van interne krachten, berekend in de stappen 5 en 10, worden toegevoegd aan de totale interne krachten. De incrementen van elastische rekspanningen, berekend in de stappen 5 en 10, worden samen toegevoegd en opgeslagen in de geschiedenis van elastische rekspanningen als de incrementen in de tijdknoop t_i .
 12. Ga naar de eerste stap van de tijdknoop $i+1$.

De berekening uitvoeren

Zowel de Analyse van Bouwfasen en de TijdsAfhankelijke Analyse worden op dezelfde manier gelopen.

Procedure voor het lopen van ACF / TDA

1. Roep de menufunctie **Berekening, Net > Berekening** op.
2. Selecteer de **Bouwfase analyse**.
3. Klik op **[OK]** om de berekening te starten.



Opmerking: Wanneer de TijdsAfhankelijke Analyse is gestart, kan het programma een waarschuwing tonen dat een aantal solver en net parameters moeten worden aangepast om aan de analyse vereisten te voldoen. U kunt de automatische aanpassing selecteren en doorgaan met de berekening, of de berekening stoppen en handmatige aanpassingen maken volgens de hoofdstukken [Net instellingen](#) en [Berekening instellingen](#).

Mobiele lasten in TDA

Resultaten van de TDA module (Tijdsafhankelijk analyse) kan gecombineerd worden met resultaten van de mobiele last module. Hoewel deze module afzonderlijk beschreven is, zullen de invoerprocedure kort beschrijven.

1. Bepaal de constructie, inclusief de geometrie, steunpunten, doorsneden, voorspankabels, alle constructiefasen en ten minste een belastinggeval.
2. Schakel de functie mobiele last in de projectinstellingen in.

3. Bepaal het belastingsysteem in Bibliotheken > Belastingen > Mobiele lastsystemen.
4. Bepaal het spoor en wijzig, indien nodig, de toegewezen eenheidslast.

In de volgende stap kunt u een of twee mogelijke manieren kiezen voor de evaluatie van de mobiele last.

a) Berekening van omhullenden voor interne krachten die voortvloeien uit het mobiele lastsysteem, gelegen in de kritieke sectie:

5.a. In de menutak Mobiele lasten > Instellingen voor gegenereerde belastinggevallen, bepaalt u de regel voor het genereren van omhullenden. Het is nodig om de eenheidslast en het lastsysteem en de naam voor het gegenereerde belastinggeval te bepalen en de componenten te selecteren waarvoor de omhullenden gegenereerd moeten worden. Onnodige parameters kunnen geblokkeerd worden.

6.a. Voer de lineaire berekening uit om de juiste omhullende belastinggevallen te maken en ze met resultaten te stimuleren. Het gegenereerde "omhullende" belastinggeval kan aan de gedefinieerde combinaties toegevoegd worden.

7.a. De omhullenden van de extreme waarden van interne krachten (buigmomenten, dwarskrachten, enz.) gemaakt door de mobiele last kan bekeken worden in service resultaten.

Opmerking: De resultaten die in deze belastinggevallen opgeslagen zijn na de lineaire berekening, houden geen rekening met de mogelijk constructiefasen. Alleen de volgende TDA of fasenanalyse zullen de belastinggevallen met de juiste waarden voorzien.

b) Berekening van extreme waarden van interne krachten door mobiele last gelegen in voorgedefinieerde secties:

5.b. Mobiele lasten > Gedetailleerde analyse – voer het gebruik van invloedslijnen voor het geselecteerde resultaattype uit, bv. genereer nieuwe belastinggevallen voor bepaalde secties en voor het geselecteerde lastsysteem, spoor en interne krachten (de belasting gegenereerd in elk belastinggeval kan bekeken worden).

6.b. Het is mogelijk om nieuwe combinaties met de gegenereerde belastinggevallen te definiëren. Daarna moet de TDA berekening uitgevoerd worden om de belastinggevallen te stimuleren (om de resultaten voor de belastinggevallen te verkrijgen).

7.b. De verdeling van extremen van interne krachten (buigmomenten, dwarskrachten, enz.) gemaakt door de mobiele last, gelegen in de geselecteerde sectie kan bekeken worden in service resultaten.

a) + b) Invoegen in de constructiefasen en uitvoeren van de TDA berekening:

8. Gegenereerde belastinggevallen kunnen toegevoegd worden aan de overeenkomstige constructiefase manager, door de actieknop Variabele lasten te gebruiken.

9. Voer de TDA berekening uit.

10. In het dialoogvenster kunnen Belastinggevallen, combinaties > Combinaties nieuwe "gebruikerscombinaties", die zowel TDA als Mobiele belastinggevallen bevatten, toegevoegd worden. Het uitvoeren van de berekening van combinaties is dan voldoende om de pas ingevoerde combinaties te updaten.

Belangrijke opmerking:

1. Wanneer de omhullenden van interne krachten door het mobiele lastsysteem, geplaatst in een kritieke sectie, berekend worden, worden er geen voorspankabels in de constructie (in de stijfheidsmatrix) geplaatst tijdens de berekening en daarom hebben de totale resultanten geen betekenis in de evaluatie van de resultaten. De berekende resultaten zijn de totale resultanten. Bijgevolg is de optie "totale resultante" al aangeduid en geblokkeerd voor dergelijke combinaties. Als resultaat is er geen verandering van voorspanning door de variabele belastingen die verschijnen in de voorspankabels (L_{min} , $L_{max} = 0$).
2. De berekening van de extreme waarden van interne krachten door de mobiele last, op voorhand geplaatst in de bepaalde secties, houdt rekening met de voorspankabels, gelegen in de constructie en daarom zijn de totale resultanten betekenisvol (bepaalde belastinggevallen worden gegenereerd). Als resultaat wordt de verandering van voorspanning door variabele belasting gereflecteerd in de voorspankabels.

Nauwkeurige nivelleringsmethode - prefab

Modellering van de methode "nauwkeurige nivellering" bij de bouwmethode met prefab overstekken is tamelijk eenvoudig. Laten we ervan uitgaan dat segmenten altijd 60 dagen vóór bevestiging aan het overstek worden gestort. Laten we bovendien uitgaan dat een vijfdaagse plaatsingscyclus wordt gebruikt. Dit betekent dat er elke vijf dagen één segment wordt geïnstalleerd. De afzonderlijke stappen worden in kleur getoond in afb. 8, waar slechts één overstek wordt weergegeven, d.w.z. de helft van de vaste staaf. Het tijdschema van de segmentbouw (plaatsing van het segment in de constructiestijfheidsmatrix) voor afzonderlijke segmenten is te zien in tabel 1. De oorsprong van de sluitvoeg in afb. 8e is gereleerd aan de invoer in de constructiestijfheidsmatrix en niet aan het storten zelf.

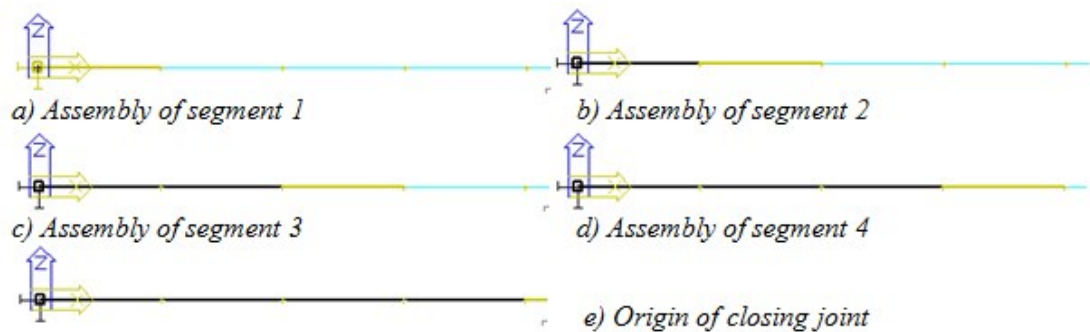


Fig. 8 "Precise levelling" precast segmental cantilever construction, construction stages

segment no.	segment casting		curing of segment concrete		segment stiffness for matrix of stiffness		prestressing and load
	local time	global time	local time	global time	local time	global time	global time [days]
1	-60	-60	-55	-55	0	0	0
2	-60	-55	-55	-50	0	5	5
3	-60	-50	-55	-45	0	10	10
4	-60	-45	-55	-40	0	15	15
5 (joint)	-5	15	0	20	0	20	20

Tab. 1 “Precise levelling” precast segmental cantilever construction, time schedule

Het eigen gewicht van segmenten en de equivalente belasting ten gevolge van het voorspannen van segmenten wordt nauwkeurig gedefinieerd op het moment van de installatie (bevestiging) van de segmenten. Lasten die afkomstig zijn van mogelijke kraanbewegingen of voorspanapparaat kunnen worden ingevoerd als variabele lasten in de betreffende bouw-fase of als lasten op een voltooid deel van de constructie. Het eigen gewicht van de sluitvoeg wordt volgens tabel 1 aangebracht na 20 dagen en niet op het moment van storten, hetgeen 15 dagen is, wanneer deze last in werkelijkheid werkt. De reden is dat de voeg in het model in feite niet bestaat tussen dag 15 en dag 20 en daarom geen last kan overdragen. Hetzelfde geldt voor andere bouwbenaderingen die hieronder worden beschreven.

De doorbuigingen van een helft van de symmetrische constructie, berekend na de installatie van segment 4 gedaan binnen 1000 dagen nadat de twee overstekten monolithisch zijn gemaakt, worden gegeven in afb. 9. De doorbuigingscurve toont schijnbare breuken die in werkelijkheid niet echt zijn, maar resulteren uit het feit dat de doorbuiging van het vrije uiteinde van het nieuw bevestigde segment van het model nul is op het moment van bevestiging.

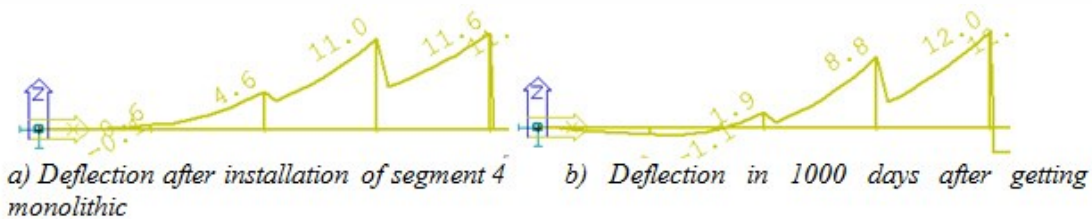


Fig. 9 “Precise levelling” precast segmental cantilever construction, cantilever deflection

Tangensmethode - prefab

Bij deze methode is het nodig dat doorbuigingen van alle eindige elementknopen worden gecorrigeerd tijdens de berekening om de huidige rotatie van het hefboomeinde weer te geven. Daarom moeten alle hefboomknopen moeten worden verbonden door middel van eindige elementen aan het begin van de bouw. Deze kunnen worden gevormd door reeds gemaakte segmenten. Daarom worden segmenten 1 t/m 4 helemaal aan het begin van de bouw geïnstalleerd (globaal tijdstip 0 (nul)), zie afb. 10. Uit tabel 2 volgt echter dat het eigen gewicht van de segmenten niet tegelijk met hun installatie wordt ingevoerd. Het eigen gewicht wordt geleidelijk aangebracht, overeenkomstig het werkelijke schema van de installatie van segmenten. Als gevolg hiervan kan de functie voor automatisch genereren van het eigen gewicht niet worden gebruikt, hetgeen geen groot nadeel is, gezien het aanwezigheid van kruisbalken en blokken in de werkelijke constructie.

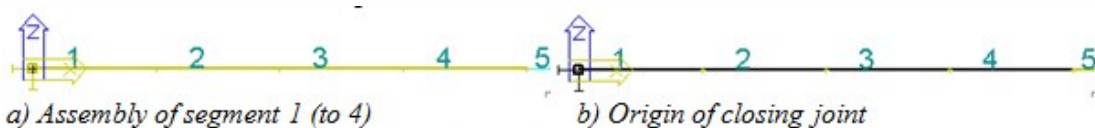


Fig. 10 “Tangent” precast segmental cantilever construction, construction stages

segment no.	segment casting		curing of segment concrete		segment stiffness for matrix of stiffness		prestressing and load
	local time	global time	local time	global time	local time	global time	global time [days]
1	-60	-60	-55	-55	0	0	0
2	-55	-55	-50	-50	0	0	5
3	-50	-50	-45	-45	0	0	10
4	-45	-45	-40	-40	0	0	15
5 (joint)	-5	15	0	20	0	20	20

Table. 2 “Tangent” precast segmental cantilever construction, time schedule

Afb. 11 toont de doorbuiging van de helft van de symmetrische constructie, berekend na de installatie van segment 4 op een tijdstip 1000 dagen nadat de twee overstekken monolithisch zijn geworden in de voeg. Het is duidelijk dat de doorbuigingscurve vloeiend is, met uitzondering van de breuk op het bevestigingspunt van de hefboom aan de sluitvoeg. De berekende doorbuigingen tussen de uiteinden van de hefbomen zijn niet echt. De correcte waarden kunnen worden verkregen (i) door het interpoleren tussen waarden aan de eindpunten van hefbomen of (ii) door te voorkomen dat eindige elementknopen worden gegenereerd tussen de uiteinden van hefbomen wanneer de netparameters worden gedefinieerd. Singuliere punten in de doorbuigingscurve aan de uiteinden van de hefbomen treden niet alleen in het model maar ook in de echte constructie op.

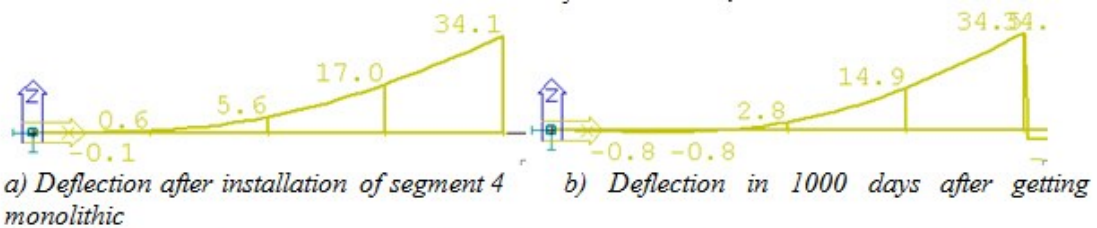


Fig. 11 “Tangent” precast segmental cantilever construction, cantilever deflections

Nauwkeurige nivelleringsmethode - ter plaatse gestort

De modellering van de methode voor "nauwkeurige nivellering" bij de bouwmethode met overstekken is ook tamelijk eenvoudig. Laten we ervan uitgaan dat segmenten altijd 5 dagen na het storten worden gespannen. Om de zaak te vereenvoudigen, gaan we ervan uit dat een vijfdaagse werkcyclus wordt gebruikt (transport en correctie van bekisting, storten en spannen). Afzonderlijke bouwfasen zijn grafisch identiek aan de methode "nauwkeurige nivellering" voor prefab constructie met overstekken en zijn in kleur weergegeven in afb. 8. Het tijdsschema van de stapsgewijze bouw met ter plaatse storten, wordt weergegeven in tabel 3.

segment no.	segment casting		curing of segment concrete		segment stiffness for matrix of stiffness		prestressing and load
	local time	global time	local time	global time	local time	global time	global time [days]
1	-5	-5	0	0	0	0	0
2	-5	0	0	5	0	5	5
3	-5	5	0	10	0	10	10
4	-5	10	0	15	0	15	15
5 (joint)	-5	15	0	20	0	20	20

Tab. 3 “Precise levelling” cast-in-place segmental cantilever construction, time schedule

Het eigen gewicht van segmenten wordt aangebracht ten tijde van het voorspannen van de segmenten. Net zoals bij het eigen gewicht van sluitvoegen, werkt het eigen gewicht van segmenten in feite ook op het moment van storten. De betreffende segmenten bestaan op dat moment echter nog niet in termen van stijfheid (noch in het model, noch in de echte constructie) en kunnen geen enkele last dragen. In de echte constructie wordt de last door de bekisting als puntlast overgebracht naar het vorige segment. Ervan uitgaande dat "jong" beton aan belasting blootstaat, is de eis van een technicus om rekening te houden met de "juiste" tijdsmomenten van het aanbrengen van eigen gewicht terecht. Dit kan worden gemodelleerd met behulp van een set puntlasten die worden ingevoerd in het belastinggeval dat wordt toegepast op de bestaande constructie (het vorige segment) op het moment wanneer een nieuw segment wordt gestort. Op het moment van voorspannen (en het aanbrengen van het eigen gewicht van het nieuwe segment) moet de set puntlasten worden toegepast met het tegengestelde teken om verdubbeling van het eigen gewicht te voorkomen. Ook de last van de bekisting kan extra in deze set worden ingevoerd en in het geval van bijvoorbeeld een brug van een constante doorsnede, kunnen beide lastensets (belasten en ontlasten) samen met het storten van een nieuw segment langs de constructie worden verplaatst. Als ook rekening moet worden gehouden met het effect van deze last op de kruip van beton, moet de set puntlasten worden gedefinieerd in een permanent en niet in een variabel belastinggeval.

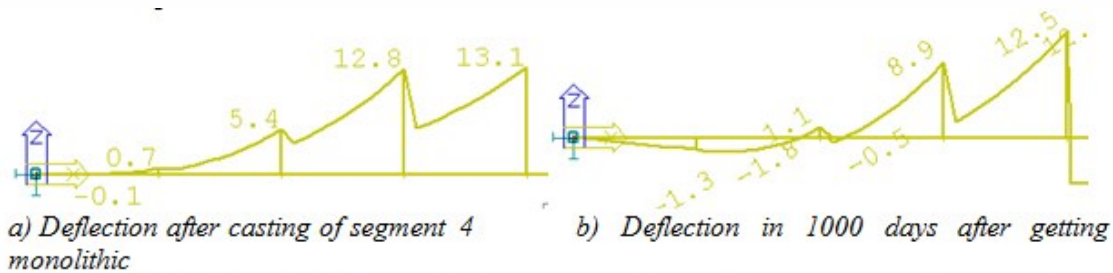


Fig. 12 “Precise levelling” cast-in-place segmental cantilever construction, cantilever deflection

Nogmaals, er zijn schijnbare breuken zichtbaar in doorbuigingscurven in afb. 12. Deze breuken zijn het gevolg van het feit dat de doorbuigingsstappen gekoppeld zijn aan de tijd van het storten van het segment.

Tangensmethode - ter plaatse gestort

Het modelleren van de “tangens” ter plaatse gestorte bouw met overstekken is moeilijker als het gaat om het voorbereiden van de invoergegevens. Alle hefboomknopen moeten weer worden verbonden door middel van eindige elementen aan het begin van de bouw. Deze keer kunnen de knopen echter niet worden gevormd door segmentelementen omdat op het moment van installatie van het eerste segment, andere segmenten nog niet zijn gestort. Daarom moeten er hulpelementen worden gedefinieerd en deze moeten helemaal aan het begin van de bouw (globaal tijdstip 0 (nul)) worden geïnstalleerd, zie afb. 13a. De doorsnede wordt op die manier getransformeerd in een algemene doorsnede, er wordt een denkbeeldige nulsectiefase gedefinieerd die wordt gevormd door een staalement van zo klein mogelijke afmetingen (om geen invloed uit te oefenen op de sectiestijfheid). Rekening houdend met een andere tijd van storten (fase 1 van doorsneden), moet het aantal sectietypen worden verhoogd overeenkomstig het project dat is beschreven in afb. 13.

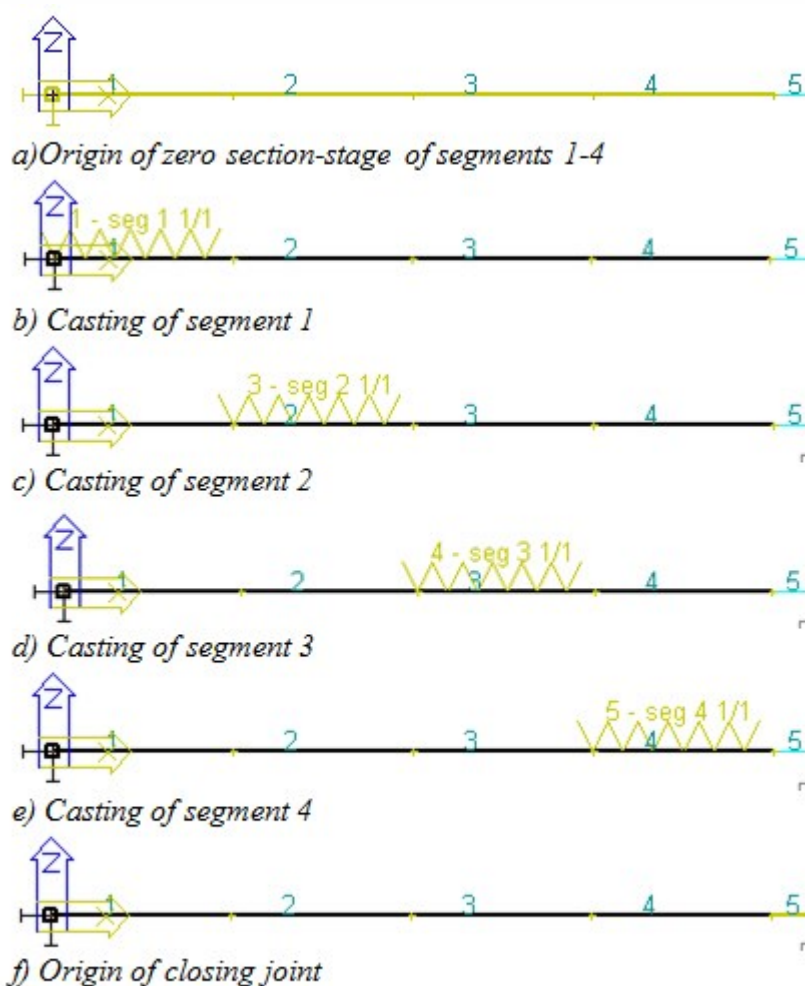


Fig. 13 “Tangent” cast-in-place segmental cantilever construction, construction stages

In de tweede bouwfase wordt het storten van segment 1 gemodelleerd door de overgang van de betreffende doorsnede van fase 0 naar fase 1, zie afb. 13b. Net zoals bij "nauwkeurige nivellering" kan het verse beton van het eerste segment om dezelfde reden niet worden blootgesteld aan het eigen gewicht. Het eigen gewicht van het eerste segment wordt daarom pas op het moment van het voorspannen van het eerste segment aangebracht, zie tabel 4. Wederom kan een set puntlasten worden gebruikt om het echte eigen gewicht te modelleren. De volgende bouwfasen zijn te zien in afb. 13 en tabel 14.

construction stage	segment no.	segment casting		curing of segment concrete		segment stiffness for matrix of stiffness		prestressing and load global time [days]
		local time	global time	local time	global time	local time	global time	
1	stage 0 segments 1, 2, 3, 4			5			0	
2	1		0,1				0,1	5
3	2		5				5	10
4	3		10				10	15
5	4		15				15	20
6	5 (joint)	-5	20	0	25	0	25	25

Tab. 4 “Tangent” cast-in-place segmental cantilever construction, time schedule

Voor een beter begrip toont afb. 14 de doorbuiging van de helft van een symmetrische constructie, berekend nadat segment 4 is gespannen op een tijdstip 1000 dagen nadat de twee overstekten monolithisch zijn geworden in de voeg. De doorbuigingscurve is weer vloeiend, met uitzondering van de breuk op het bevestigingspunt van de hefboom aan de sluitvoeg.

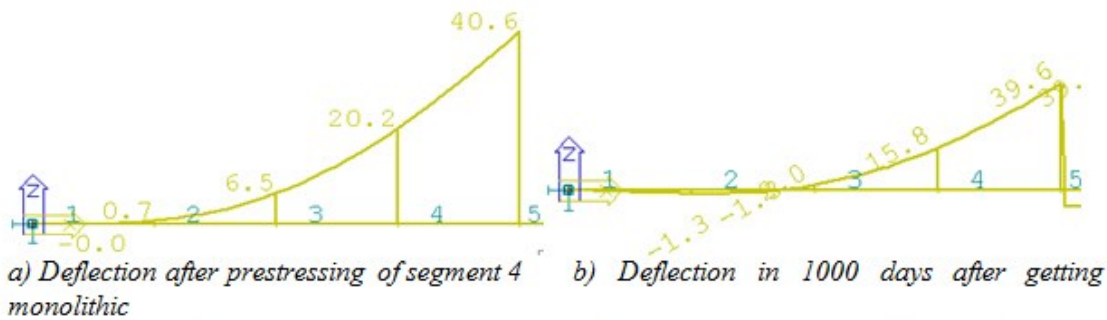


Fig. 14 “Tangent” cast-in-place segmental cantilever construction, cantilever deflections

Standaard resultaten

Wanneer de TijdsAfhankelijke Analyse is uitgevoerd kunt u alle standaard resultaten bekijken als bij een normale statische lineaire berekening: vervormingen, interne krachten, spanningen, reacties.

Refereer voor meer informatie naar de sub-hoofdstukken in het hoofdstuk [Resultaten](#).

Kabelspanningen

Resultaatdiagrammen in grafisch venster

Opmerking: De principes voor weergave van resultaten worden beschreven in het hoofdstuk [Resultaten](#).

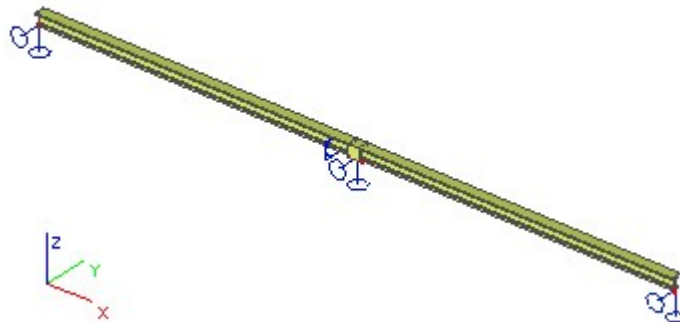
Procedure voor weergave van kabel spanningen

1. Open de service **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. [Selecteer de belasting voor de weergave.](#)
4. [Pas de stijl van resultaat diagrammen aan.](#)
5. Selecteer de ligger streng patronen waarvoor de resultanten moeten worden getekend.
6. Gebruik de filter om de kabels die worden weergegeven te specificeren (zie hieronder).
7. Druk op de knop **[Herlees]** om de tekening te regenereren.
8. Sluit, wanneer gereed, de service **Resultaten**.

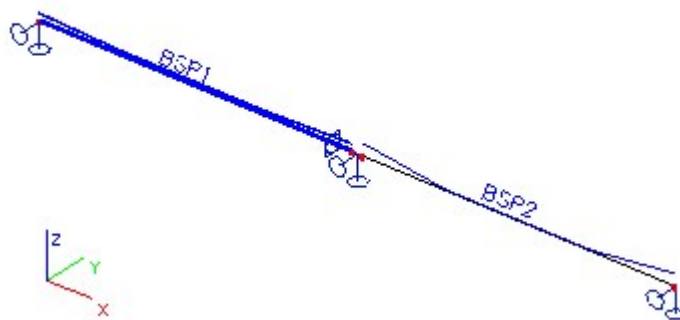
De resultaten filteren

Mogelijkheden voor filtering zullen met een eenvoudig voorbeeld worden uitgelegd.

Stelt u zich een doorgaande ligger met twee overspanning voor, gebouwd in twee bouwfasen: linker overspanning in de eerste fase (belastinggeval 1 toegewezen), het tweede overspanning in de tweede fase (belastinggeval 2 toegewezen).



Beide overspanningen worden voorgespannen en hebben een gedefinieerd ligger strengenpatroon. De linker overspanning bevat 5 strengen, de tweede slechts één.



Open de service **Resultaten** en start de functie **Kabelspanning**.

Stel de **Selectie** in op **Standaard** en selecteer geen ligger strengenpatroon.

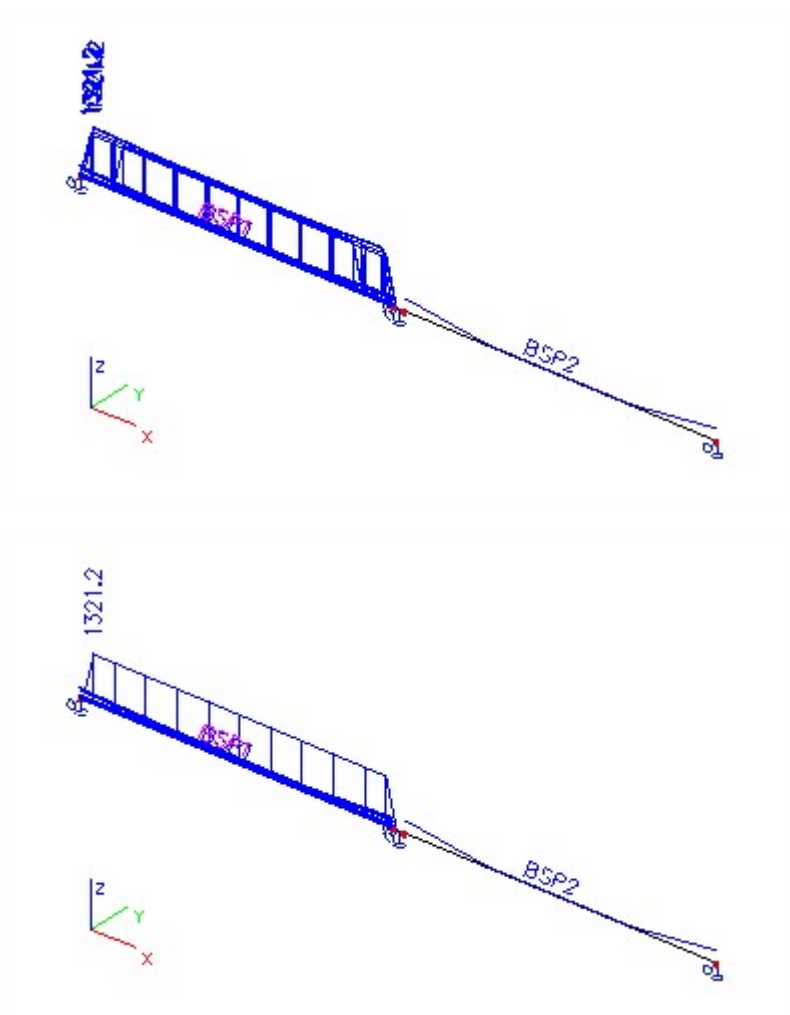
Open de combo box **Kabel**, het bevat alleen één optie: **Alles met selectie**.

Selecteer nu het strengenpatroon in de linker overspanning en open dezelfde combo box weer. Het biedt **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de eerste ligger.

Verwijder de selectie, selecteer het rechter overspanning en kijk in de combo box. Het biedt **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de tweede ligger.

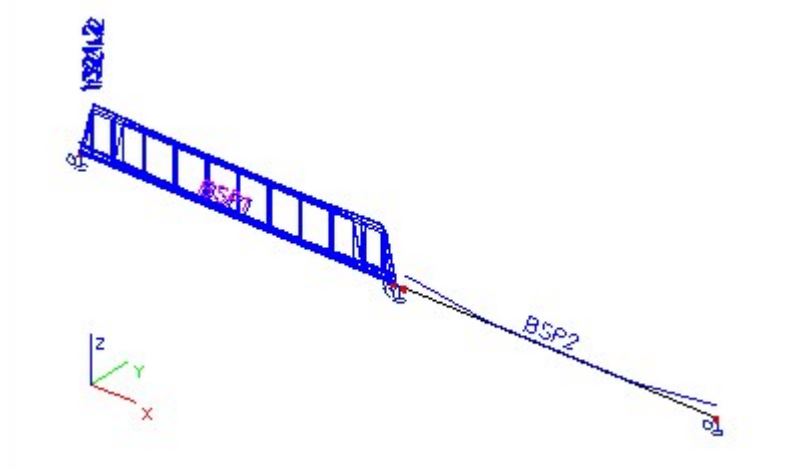
Selecteer beide strengpatronen en open de combo box weer. **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de eerste ligger, plus de streng van de tweede ligger.

Op deze manier kunt u slechts één kabel selecteren en de resultaten hierop weergeven. Deze optie is vooral handig wanneer er meerdere strengen op een ligger zijn. Vergelijk de afbeelding hieronder. De eerste toont de resultaten op alle strengen in de ligger, de tweede alleen op één streng.

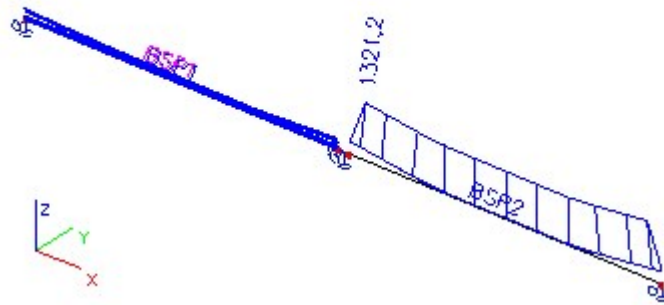


Stel nu **Selectie** in op **Alles**. Selecteer **Alles met selectie** in de combo box.

Stel **Belastingtype** in op **Belastinggeval** en selecteer **BG1**. Dit belastinggeval wordt toegewezen aan de eerste bouw-fase wanneer alleen de linker overspanning bestaat. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen alleen op de linker overspanning weergegeven.

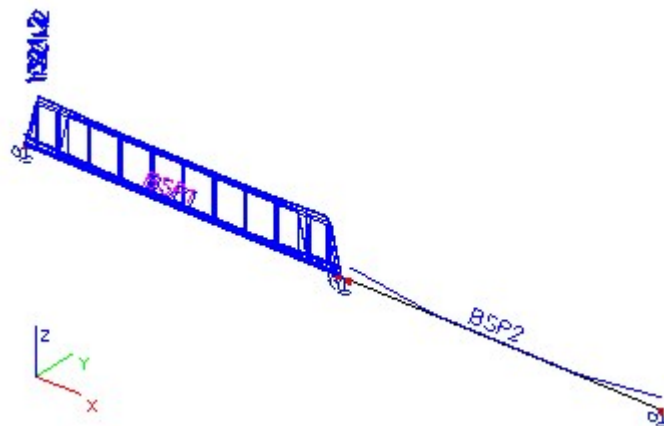


Overeenkomstig, wanneer u **BG2** selecteert worden alleen de kabelspanningen op het rechter overspanning getoond.

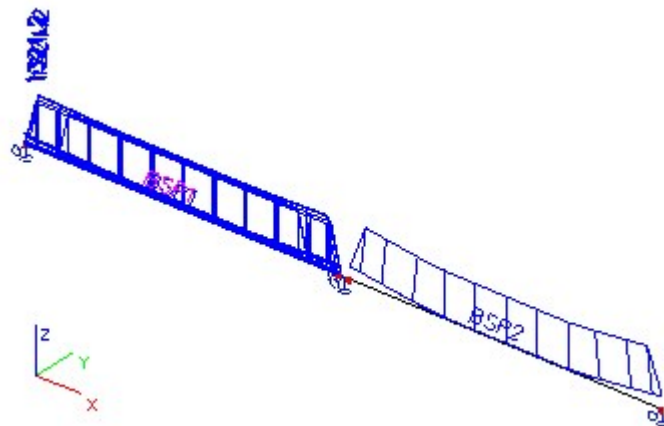


En uiteindelijk, stel de **Selectie** in op **Alles** en houdt de **Alles met selectie** in de combo box **Kabel**.

Stel **Belastingtype** in op **Klasse** en selecteer **Klasse 1**. Deze klasse komt overeen met de eerste bouwphase wanneer alleen het eerste overspanning bestaat. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen alleen op de linker overspanning weergegeven.



Selecteer **Klasse 2** die overeenkomt met de tweede bouwphase, wanneer beide overspanningen bestaan. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen op beide overspanningen weergegeven.



Gedetailleerde resultaten

Het is mogelijk om gedetailleerde resultaten voor een enkel ligger strengenpatroon weer te geven

Procedure de weergave van gedetailleerde resultaten

1. Open de dienst **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. Klik op de actieknop **[Gedetailleerd]**.
4. Selecteer één ligger strengenpatroon.
5. Een venster met gedetailleerde resultaten opent op het scherm.

Afdrukvoorbeeld in het Afdrukvoorbeeld venster

De resultaten kunnen worden bekeken in tabel vorm in het afdrukvoorbeeld venster.

Procedure voor het zien van het afdrukvoorbeeld

1. Open de dienst **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. [Selecteer de belasting voor de weergave.](#)
4. [Pas de stijl van de resultaat diagrammen aan.](#)
5. Selecteer de ligger strengpatronen waarvoor de resultaten moeten worden getekend.
6. Gebruik een filter om de kabels voor weergave te specificeren (zie hieronder).
7. Druk op de knop **[Afdrukvoorbeeld]** om de resultatentabel te zien.

Verklaring van afkortingen

SAT	Overspanning na overplaatsen (Stress after transfer).
LED	Verlies door opeenvolgende voorspanning + verlies veroorzaakt door de elastische vervorming van beton
LCS	Verlies dor kruip en krimp van beton + verlies door lange termijn staal relaxatie
Lmin	Verlies (verandering van) voorspanning veroorzaakt door gebruikslast (min)
Lmax	Verlies (verandering van) voorspanning veroorzaakt door gebruikslast (max)
MinStress	Minimale spanning in fase
MaxStress	Maximale spanning in fase

Introductie van voorspanning

De module **Voorspanning** maakt het mogelijk om geometrie, materiaal en andere eigenschappen van een voorgespannen kabel te definiëren. De kabel kan worden ingevoerd in liggers. Het is mogelijk om voorgespannen interne kabels te definiëren.

De kabels worden gedefinieerd door strengpatronen die worden verondersteld symmetrisch in een ligger te zijn, dus alleen één (symmetrische) helft van de streng langs de ligger moet worden gedefinieerd. De invoer wordt gemaakt in drie stappen:

1. Het boorgatenpatroon is gedefinieerd, d.w.z. de locatie van gaten in het "plaatvlak" wordt gedefinieerd.
2. De doorsnede van het strengenpatroon wordt gespecificeerd, d.w.z. welke gaten van het "plaatvlak" worden "gevuld" met een streng/kabel/staaf.
3. Het ligger strengenpatroon wordt ingevoerd, wat betekent dat de vorm van de strengen/kabels/staven langs de ligger is gedefinieerd (deze stap wordt onderworpen aan bepaalde beperkingen die later zullen worden verklaard).



Opmerking: Het is niet mogelijk om voorspanninggegevens vanuit het EPW systeem te importeren.

Materialen van Voorspankabels

De systeembank bevat alle materialen voor voorspankabels opgesomd in EC2, CSN 73 12 01 en CSN 73 62 07 (Tsjechische normen). Voor introducties over hoe het huidige materiaal te selecteren en hoe te werken met het systeem, gebruiker en project database, zie hoofdstuk **Database managers**.

Met in acht name van het feit dat de materiaaleigenschappen van voorspankabels afhankelijk zijn van de diameter van de voorspaneenheid (d.w.z. streng/kabel/staaf), worden de materialen opgesomd in de systeembank, niet alleen volgens het type, maar ook volgens de diameter van de eenheid. Het dialoog en de parameters zijn norm- en type-afhankelijk.

De relaxatietabel wordt gedefinieerd in de systeembank voor ieder voorgespannen materiaal. De knop **Relaxatietabel** kan de relaxatie tabel in beeld brengen. Ook diagrammen van de relaxatie waarden (na het indrukken van de knop **Grafiek**) kunnen wanneer nodig worden weergegeven.

De gebruiker kan ook de waarden in de relaxatie tabel bewerken. Om dit te doen is het noodzakelijk de optie **Relaxatie door gebruiker** eerst aan te vinken. Alleen dan kunt u het **Relaxatietabledialoogvenster** openen en de waarden hierin bewerken.

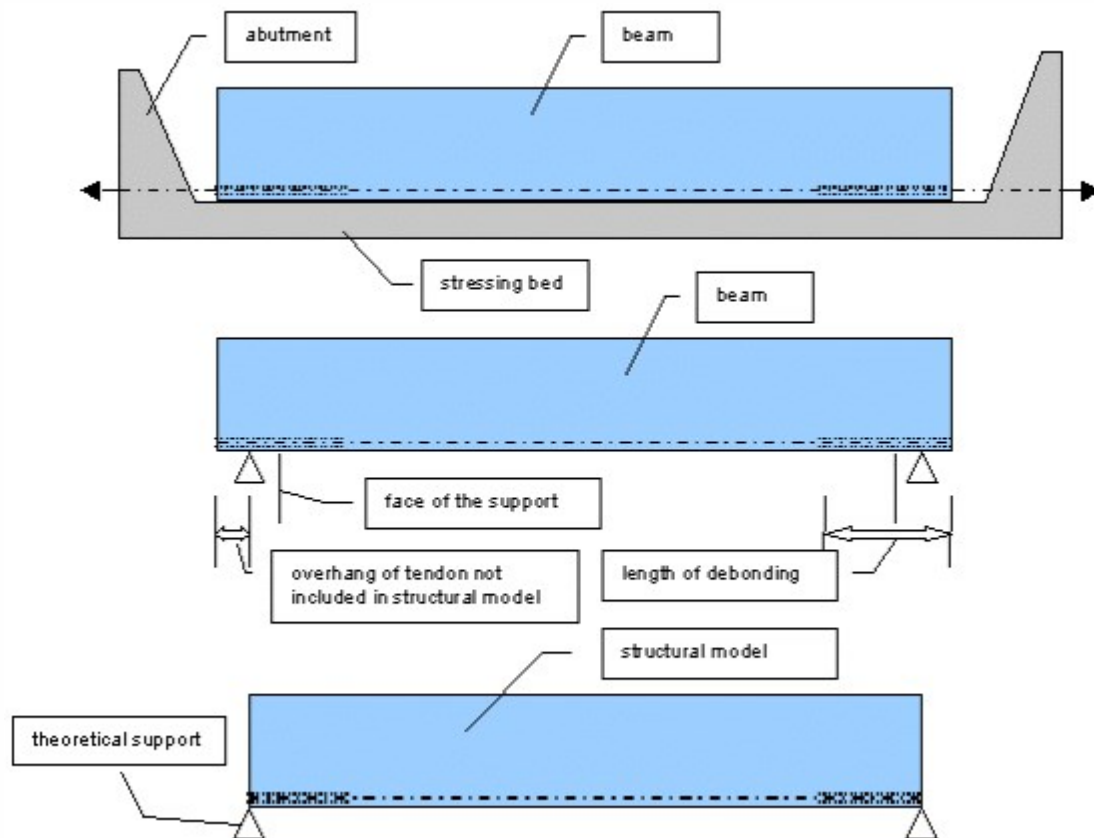
Eigenschappen van voorgespannen kabels

Het dialoogvenster **Beton > Instellingen** kan worden gebruikt om algemene eigenschappen en het type spanning van voorgespannen kabels te definiëren.

Manier van voorspannen t.b.v. de berekening van de korte duur relaxatie	Zie de figuur onder de tabel.
Wigzetting	Wigzetting bij gespannen einde van de kabel.

Initiële spanning	Specificeert de aanvangsspanning bij gespannen einde van de kabel (vóór zetting).
Spanning tijdens corrigeren	Definieert de spanning bij gespannen einde van de kabel. De hoeveelheid relaxatie kan worden verminderd door de spanning constant te houden (zogenaaamde correctie van relaxatie).
Duur van korte termijn relaxatie	Specificeert de tijdsperiode tussen het einde van correctie van relaxatie (wanneer deze er is) en tijd van verankering.
Duur van behouden spanning	De duur van het houden van constante spanning tijdens de correctie van relaxatie.
Verankeringslengte	De lengte van ontwikkeling van de hechting tussen het beton en de voorgespannen kabel.
Lengte van totale kabel (tussen de wiggen)	Totale lengte van kabels of strengen (tussen wiggen); voor voorgespannen beton is deze gelijk aan de lengte van het spanbed plus de lengte van schoren, zie Fig. Voorgespannen ligter.
Afstand tussen snedes voor uitvoer	Definieert doorsneden waar resultaten worden gegeven.
Lengte van spanbed	spreekt voor zich
Verkorting van spanbank ten gevolge van aanspannen van alle voorspaneenheden	spreekt voor zich
Coëfficiënt van thermische expansie van spanbank	spreekt voor zich
Temperatuur van voorspaneenheden en spanbank bij aanspannen	spreekt voor zich
Temperatuur van voorspaneenheden op het tijdstip dat hechting bestaat	spreekt voor zich
Temperatuur van spanbank op het tijdstip dat hechting bestaat	spreekt voor zich

Voorgespannen ligger



Invoer van overstek

a) De gebruiker definieert de werkelijke lengte van de kabel; deze lengte omvat tevens de overstek (alleen voor-spanverliezen worden berekend op deze werkelijke lengte van de kabel).

b) De gebruiker voert de oversteklengte aan beide uiteinden in. Deze oversteklengtes worden vervolgens afgetrokken van de totale werkelijke lengte van de kabel. De lengte van de kabel die wordt gebruikt in de EEM-berekening is gelijk aan de werkelijke lengte van de kabel, minus de overstekken aan beide uiteinden.

Voorbeeld

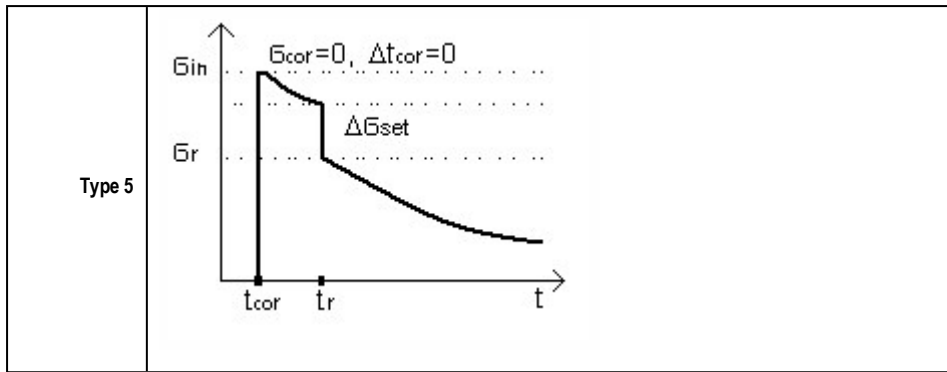
Ligger met een lengte van 10,0 m, kabel met een lengte van 11,0 m en overstekken van 0,5 m aan elk uiteinde. ==> De kabellengte voor berekening van verliezen = 11,0 m; kabellengte voor EEM-berekening = 10,0 m

Name	KBL2
Description	
Number	3
Type	Internal
Layer	Vrstva1 ▾ ...
Geometry	
Geometry input	Direct input ▾
Allocation	...
Projection of intermediate points	Perpendicularly ▾
Material	
Material	Y1860C-3,0 ▾ ...
Number of tendon elements in tendon	1
Number of tendons in group	1
Area [mm ²]	7
Diameter of duct [mm]	60,00
Load Case	LC1 - prestress ▾ ...
Stressing	
Type of stressing	Type 3 ▾ ...
Prestressing from	Begin ▾
Coefficient of friction in curved part of tendon [-]	0,3
Unintentional angular displacement (per unit length) [-/m]	0,003
Anchorage set - begin [mm]	6,00
Stress during correcting - begin [MPa]	1440,00
Duration of keeping stress [sec]	300,00
Initial stress - begin [MPa]	1440,00
Overhang of tendon not included in analysis model - begin [m]	0,500
Overhang of tendon not included in analysis model - end [m]	0,500
Distance between sections for output [m]	0,500

Editing geometry			
	Coord X [m]	Coord Y [m]	Coord Z [m]
1	-0,500	0,000	3,800
2	10,500	0,000	3,800
*	0,000	0,000	0,000

Manier van voorspannen t.b.v. de berekening van de korte duur relaxatie

Type 1	Graph for Type 1: Stress relaxation over time. The y-axis represents stress (σ) and the x-axis represents time (t). The curve starts at t_0, rises to σ_{cor}, then to σ_{tr}, and finally to σ_{in}. A vertical jump at t_{cor} is labeled $\Delta\sigma_{set}$. The curve then decays from σ_{in} towards σ_{tr}. The time t_{cor} is also labeled as $t_{in}=t_r$.
Type 2	Graph for Type 2: Stress relaxation over time. The y-axis represents stress (σ) and the x-axis represents time (t). The curve starts at t_0, rises to σ_{cor}, and then decays towards σ_r. A vertical jump at t_{cor} is labeled $\Delta\sigma_{set}$. The time t_{cor} is also labeled as $t_{in}=t_r$. The initial stress σ_{in} is 0.
Type 3	Graph for Type 3: Stress relaxation over time. The y-axis represents stress (σ) and the x-axis represents time (t). The curve starts at t_0, rises to $\sigma_{cor}=\sigma_{in}$, and then decays towards σ_r. A vertical jump at t_{cor} is labeled $\Delta\sigma_{set}$. The time t_{cor} is also labeled as $t_{in}=t_r$.
Type 4	Graph for Type 4: Stress relaxation over time. The y-axis represents stress (σ) and the x-axis represents time (t). The curve starts at t_0, rises to σ_{in}, and then decays towards σ_r. A vertical jump at t_{cor} is labeled $\Delta\sigma_{set}$. The time t_{cor} is also labeled as $t_{in}=t_r$. The initial stress σ_{cor} is 0.



Typen van Voorspan eenheden

Tsjechische norm CSN 73 12 01:

- Voorgetrokken draad *PD, PP, PH, PV, PN, PNV*
- Strengen *LA, LB, LC, LD, LSA, LSB*

Tsjechische norm CSN 73 62 07:

- Voorgetrokken draad *P*
- Strengen *Lp, Ls*

EC2:

- Voorgetrokken draad *w*
- Gladde ronde draad *w*
- Strengen *s*
- Voorgetrokken staaf *b*
- Gladde ronde staaf

Korte termijn verliezen

Korte termijn verliezen kunnen van tevoren worden berekend, voordat de solver heeft gelopen:

- Verankeringsverlies
- Verliezen door vervorming van spanbed
- Verliezen door staalrelaxatie
- Verliezen veroorzaakt door het temperatuurverschil tussen voorspanstaal en het spanbed.

Naast die verliezen, zijn een aantal andere verliezen inbegrepen in de methode voor de constructieve analyse zelf. Drie normen worden ondersteund voor de berekening van verliezen in Scia Engineer:

- EC2,
- CSN 73 6207,

- CSN 73 1201.

De verliezen worden berekend volgens aannames gegeven in deze codes.

Opmerking:

CSN 736207 art.9.2.5 bepaalt dat een gebogen deel van een goot met een straal groter dan de verhouding μ/k , wordt verondersteld een recht deel te zijn, waarvan de lengte gelijk is aan de lengte van het gebogen deel.

Deze voorwaarde wordt niet in acht genomen in het algoritme in het programma. Dergelijke configuratie treedt enkel af en toe op en wordt daarom niet afzonderlijk behandeld. Het probleem kan eenvoudigweg opgelost worden door de gebruikers zelf – ze kunnen zo'n waarde van de wrijvingscoëfficiënt in een kromme bepalen zo dat $\mu \cdot \alpha = k \cdot l$.

De introductie van de EN norm gaat gepaard met de voorbereiding van een algemeen algoritme waarin $k \cdot l$ beschouwd wordt als een onbedoelde verandering van een hoek van een voorspankabel, met l gelijk aan de som van de lengtes van rechte en gebogen delen. Dit betekent dat het beschreven probleem in de berekening volgens EN automatisch opgelost wordt.

Verankering verlies

Er worden twee vereenvoudigingen gebruikt bij de berekening van Verankering verlies:

1. EC2: we introduceren de effectieve cumulatieve hoek $\gamma = \alpha + kx$ over een afstand x , waar x een horizontale coördinaat is, α is de bedoelde hoek over een afstand x , kx is de onbedoelde hoek over een afstand x .
2. CSN 73 1201 en CSN 73 6207: de exponentiële functies voor wrijvingsberekeningen worden geschat door de eerste twee onderdelen van de power functie.

Relaxatie

De voorspanverliezen veroorzaakt door staalrelaxatie worden geïntroduceerd op drie niveaus.

Op het eerste niveau – de correctie van relaxatie wordt berekend, namelijk de relaxatie die optreedt tijdens het constant houden van de spanning voor verankering. In feite is dit niet een verlies van voorspanning. Het tegenovergestelde, de totale relaxatie beschouwd in de constructieve analyse wordt verminderd door deze waarde. De relaxatie op dit niveau wordt alleen toegepast voor typen 1, 2 en 3 van spanning sequentie (zie [Eigenschappen van voorgespannen kabels](#) > Type spanning).

Op het tweede niveau – het korte termijn relaxatie verlies wordt berekend. De berekening wordt uitgevoerd volgens de procedure van spanning en verankering voor de types 1, 2 en 5 (zie [Eigenschappen van voorgespannen kabels](#) > Type spanning).

Op het derde niveau – het lange termijn relaxatie verlies wordt berekend voor alle vijf typen van spanning sequentie. Dit relaxatie verlies zal optreden na verankering. Daarom heeft het een impact op het lange termijn gedrag van een bouwconstructie en zou het toegepast moeten worden als een van de belastingen in de tijdsafhankelijke analyse. In de Scia Engineer implementatie wordt het spanningsequivalent tot relaxatie, die wordt gepasseerd in lange termijn, toegepast in verschillende tijdstippen t_{tr} volgend (zie [Eigenschappen van voorgespannen kabels](#) > Type spanning).

De berekening van alle relaxatie verliezen, hierboven genoemd, is gebaseerd op de volgende principes. De verschillen tussen de procedure toegepast voor verschillende nationale codes zitten alleen in een verschillende definitie van materiaaleigenschappen. Allereerst wordt het uiteindelijke relaxatie verlies berekend, welke afhangt van het niveau van spanning op een gegeven doorsnede gerelateerd aan de karakteristieke treksterkte. In de tweede stap – de relatieve afname van spanning gerelateerd aan het uiteindelijke relaxatie verlies wordt berekend volgens de duur van het tijdsinterval wanneer de spanning wordt toegepast. De enige vereenvoudiging is dat er geen effect is van de veranderingen van staalspanning tijdens het interval op de omvang van de relaxatie in dit tijdsinterval. Bijvoorbeeld – op derde niveau – de verliezen van voorspanning door kruip en krimp van beton hebben geen invloed op de hoeveelheid staalrelaxatie (insignificant).

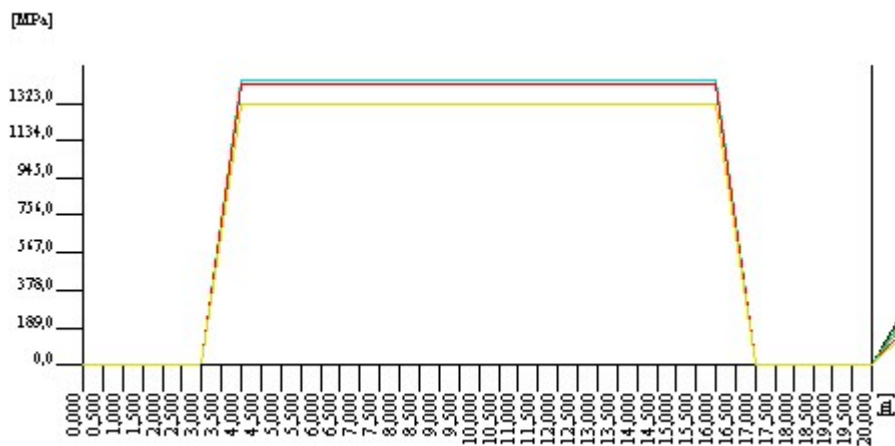
Het uiteindelijke relaxatie verlies wordt niet gedefinieerd in EC2 (alleen de relaxatie tot 1000 uur). Daarom wordt de schatting van de relaxatie tot 30 jaar gebruikt volgens CEB FIP 1990 Model Code [2].

Berekenen van de verliezen

Na het instellen van alle invoergegevens die hierboven zijn beschreven, kunnen de verliezen worden berekend.

Procedure voor het berekenen van verliezen

1. Selecteer het staaf strengenpatroon waarvoor de verliezen moeten worden berekend.
2. De eigenschappen van het strengenpatroon worden getoond in het Eigenschappen venster.
3. Klik op de knop **[Bewerk strengenpatroon]**.
4. Het bewerken dialoogvenster voor het geselecteerde strengenpatroon wordt op het scherm geopend.
5. Selecteer een streng waarin u geïnteresseerd bent.
6. De eigenschappen worden weergegeven in de rechter onderhoek van het dialoogvenster.
7. Klik op de actiekноп **Verliezen**.
8. Een afdrukvoorbeeld venster wordt weergegeven. Het afdrukvoorbeeld venster wordt opgedeeld in twee delen. In het eerste deel worden een aantal details van kabelparameters samen met de tabel van resultaten weergegeven. Door gebruik te maken van de knoppenbalk boven in het venster, kan alle informatie worden geëxporteerd naar een bestand (HTML, TXT, PDF, RTF) of direct naar de printer. In het tweede deel wordt een diagram, de verdeling van verschillende verliezen langs de lengte van de kabel, getoond. Het is mogelijk de schaal van het diagram of van de tekst te veranderen. En het pop-up menu (met de rechter muisknop klikken) biedt een aantal basisfuncties voor de afbeelding: vergroten/verkleinen, printen, kopiëren of opslaan in een extern bestand.



Spanbed manager

De **Spanbed manager** is een van de standaard Scia Engineer [database managers](#). Het stelt u in staat om individuele spanbedden te bekijken, in te voeren, te bewerken, te verwijderen, af te drukken, te exporteren of te importeren.

Procedure voor het openen van de Spanbed manager

1. Open de dienst **Bibliotheek**.
2. Open de tak **Voorspanningsspecial**.

3. Start de functie **Spanbed**.
4. De **Spanbed manager** opent op het scherm.

Een nieuw spanbed definiëren

Procedure voor het definiëren van een nieuw spanbed

1. Open de [Spanbed manager](#).
2. Klik op de knop **[Nieuw]**.
3. Er wordt een nieuw spanbed toegevoegd aan de manager. U kunt dit rechtstreeks in het managervenster bewerken.
4. Definieer de parameters.
5. Sluit de manager.

Het dialoogvenster voor het spanbed bewerken

Naam	spreekt voor zich
Lengte van voorspanning eenheden	spreekt voor zich
Temperatuurverliezen	Geeft aan of het verlies, veroorzaakt door de temperatuurverschillen tussen het voorspanning staal en het spanbed, zal worden berekend.
Lengte van spanbed	spreekt voor zich
Coëfficiënt van thermische uitzetting van spanbed	spreekt voor zich
Temperatuur van de strengen en spanbed tijdens het voorspannen	spreekt voor zich
Temperatuur van voorspanningseenheden tijdens aanhechting	spreekt voor zich
Temperatuur van het spanbed op het moment dat er een verbinding ontstaat	spreekt voor zich
Verlies t.g.v vervorming van het spanbed	Geeft aan of het verlies, veroorzaakt door het verkorten van het spanbed door het spannen van alle voorspanelementen, zal worden berekend. Het spanbed is een hulpconstructie tussen schoren waar de bekisting wordt geplaatst. Het kan een beperkte stijfheid hebben in relatie tot hoge krachten toegepast tijdens het spannen.
Verkorting van spanbed t.g.v. het voorspannen van alle strengen	spreekt voor zich

Bewerken van het bestaande spanbed

Procedure voor het bewerken van het bestaande spanbed

1. Open de [Spanbed manager](#).
2. Selecteer het benodigde spanbed.
3. Klik op de knop **[Bewerken]**.
4. Het bewerken dialoogvenster voor een spanbed opent op het scherm.
5. Pas de benodigde parameters aan.
6. Bevestig met **[OK]**.
7. Sluit de manager.

Versnellen van verharden door verhitten of stomen

1 Algemeen

Dit hoofdstuk gaat over de productie van prefab betonnen elementen. De toevoegingsregels voor prefab betonnen elementen en constructies worden beschreven in EN1992-1-1 hoofdstuk 10 en bijlage B. Deze verhitting beïnvloedt de maturiteit van beton en relaxatieverlies van voorgespannen staal.

2 Versnellen van verharden door verhitten of stomen

U kunt versnelde verharding selecteren in de bibliotheek van spanbanken. Als u het selectievakje **Versnellen van verharden door verhitten of stomen** inschakelt, verschijnen twee nieuwe selectievakjes in dit dialoogvenster. Hier kunt u kiezen of verhitting de **Maturiteit van beton** en **Relaxatie versnelling** beïnvloedt.

Stressing beds		
SB	Name	SB
	Length of prestressing units [m]	102,700
	Tendon releasing	Gradual
☒	Temperature loss	
	Temperature loss	☒ yes
	Temperature loss type	Acc. to 10.5.2
	Constant from formula (10.3) [-]	0,50
	Tmax [C]	70,00
	T0 [C]	20,00
☒	Loss due to deformation of stressing bed	
	Loss due to deformation of stressing bed	☐ no
☒	Speed-up of hardening by heating or steam curing	
	Speed-up of hardening by heating or steam curing	☒ yes
	Maturity of concrete	☒ yes
	Maturity of concrete - table	...
	Relaxation acceleration	☒ yes
	Relaxation acceleration - table	...

Buttons: New, Insert, Edit, Delete, Close

Afb. 1 Dialoogvenster van spanbanken

2.1 Maturiteit van Beton

2.1.1 Theorie

Met het effect van verhoogde of verlaagde temperaturen binnen het bereik van 0 – 80°C op de maturiteit van beton kan rekening worden gehouden door het aanpassen van de leeftijd van het beton conform de formule B.10 uit EN 1992-1-1.

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000 / [273 + T(\Delta t_i)] - 13,66) \cdot \Delta t_i}$$

Waarbij

t_T de temperatuur-aangepaste betonleeftijd is die t vervangt in de betreffende vergelijkingen

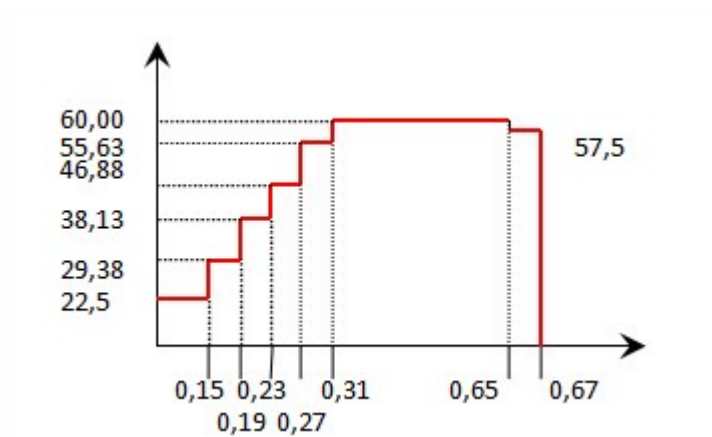
$T(\Delta t_i)$ de temperatuur is in °C gedurende de tijdsperiode Δt_i

Δt_i het aantal dagen is waarvoor een temperatuur T geldt.

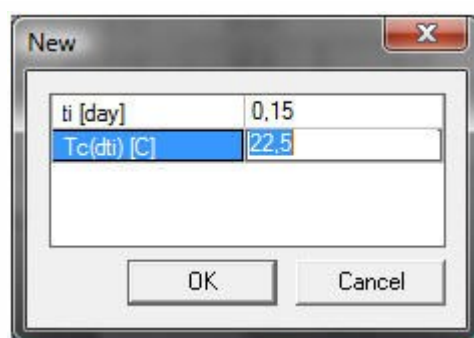
2.1.2 Implementatie in SCIA Engineer

Er is een nieuw selectievakje **Maturiteit van beton** geïmplementeerd in het dialoogvenster Spanbanken. Als u dit selectievakje inschakelt, kunt u met een knop het drie puntjes het begin van het tijdsinterval (t_i) definiëren, waarbij de temperatuur ($T(\Delta t_i)$) van invloed is. De lengtes van de intervallen (Δt_i) worden berekend op basis van het verschil van de door de

gebruiker vastgelegde tijden (t_i). De temperatuur moet worden gedefinieerd als een gemiddelde waarde $T_c(dti)$ in het gedefinieerde tijdsinterval dti volgens formule B.10.



Afb. 2 Tijd-temperatuurcyclus



Afb. 3 Nieuw tijd-temperatuurinterval

Maturity of concrete - table

	t	t _i [day]	d _{ti} [day]	T _c (d _{ti}) [C]	t _i (adj) [day]
1	t ₀	0,00	0,00	20,00	0,00
2	t ₁	0,15	0,15	22,50	0,16
3	t ₂	0,19	0,04	29,38	0,23
4	t ₃	0,23	0,04	38,13	0,32
5	t ₄	0,27	0,04	46,88	0,45
6	t ₅	0,31	0,04	55,63	0,63
7	t ₆	0,65	0,33	60,00	2,35
8	t ₇	0,67	0,02	57,5	2,45

Concrete characteristics

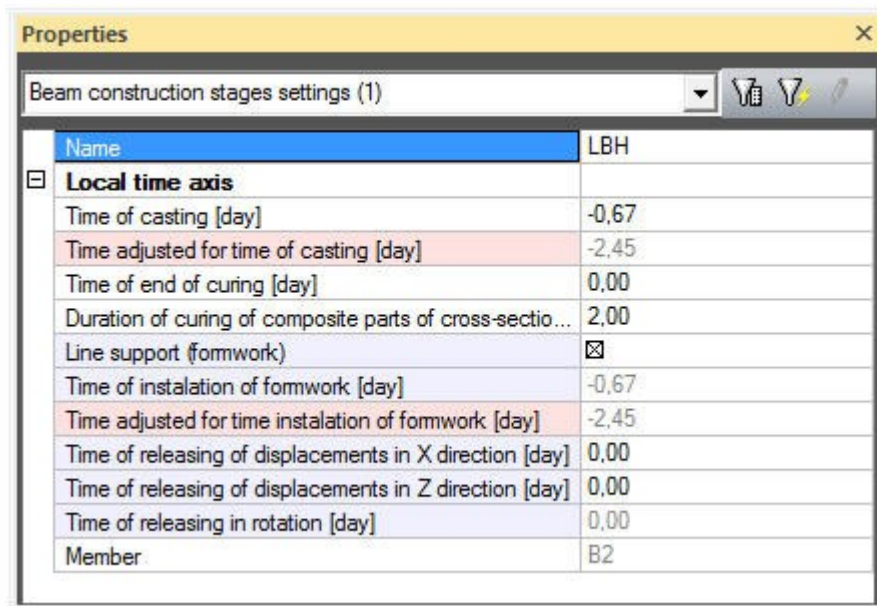
Concrete

E_{cm} MPa
 f_{ck} MPa
 f_{cm} MPa

Afb. 4 Tabel Maturiteit van beton

In het onderste deel van het dialoogvenster staan betoneigenschappen. Deze eigenschappen zijn puur informaties en de waarden zijn afhankelijk van de geselecteerde betonklasse.

Het programma herberekent op basis van deze invoerwaarden de nieuwe aangepaste tijd $t_i(\text{adj})$ volgens formule B.10. Deze aangepaste tijd is aangepast aan de tijdafhankelijke bouwfaseberekening. U kunt deze zien in de Staafinstellingen in de Lokale tijdlijn. De maturiteit van het beton van de staaf waarvoor staafinstellingen zijn gedefinieerd, wordt aangepast door een aangepast tijdstip van storten.



Afb. 5 Dialoogvenster Staafinstellingen

3 Relaxatie versnelling

3.1.1 Theorie

Voor voorgespannen elementen wordt rekening gehouden met het effect van het verhogen van de temperatuur tijdens het uitharden van het beton op de relaxatieverliezen. Er wordt een equivalente tijd t_{eq} toegevoegd aan de tijd na het spannen t in de relaxatietijdfuncties, gegeven in 3.3.2(7), om rekening te houden met de effecten van de warmtebehandeling op het voorspanverlies als gevolg van de relaxatie van het voorgespannen staal. De equivalente tijd kan worden geschat met behulp van de formule 10.2 uit EN1992-1-1.

$$t_{eq} = \frac{114 T_{max} - 20}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T_{(\Delta t_i)} - 20) \Delta t_i$$

Waarbij

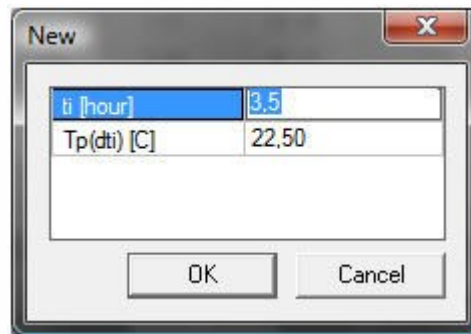
t_{eq} de equivalente tijd is (in uren)

$T(\Delta t_i)$ de temperatuur is (in °C) gedurende het tijdsinterval Δt_i

T_{max} de maximumtemperatuur (in °C) is tijdens de warmtebehandeling

3.1.2 Implementatie in SCIA Engineer

Er is een nieuw selectievakje **Relaxatie versnelling** geïmplementeerd in het dialoogvenster Spanbanken. Als u dit selectievakje inschakelt, kunt u met een knop het drie puntjes het begin van het tijdsinterval (t_i in uren) definiëren, waarbij de temperatuur ($T_p(dti)$) van invloed is. De lengtes van de intervallen (dt_i) worden berekend op basis van het verschil van de door de gebruiker vastgelegde tijden (t_i). Als u het selectievakje Relaxatie versnelling inschakelt, kunt u de relaxatieversnelling beïnvloeden in de nieuwe tabel.



Afb. 6 Nieuw tijd-temperatuurinterval

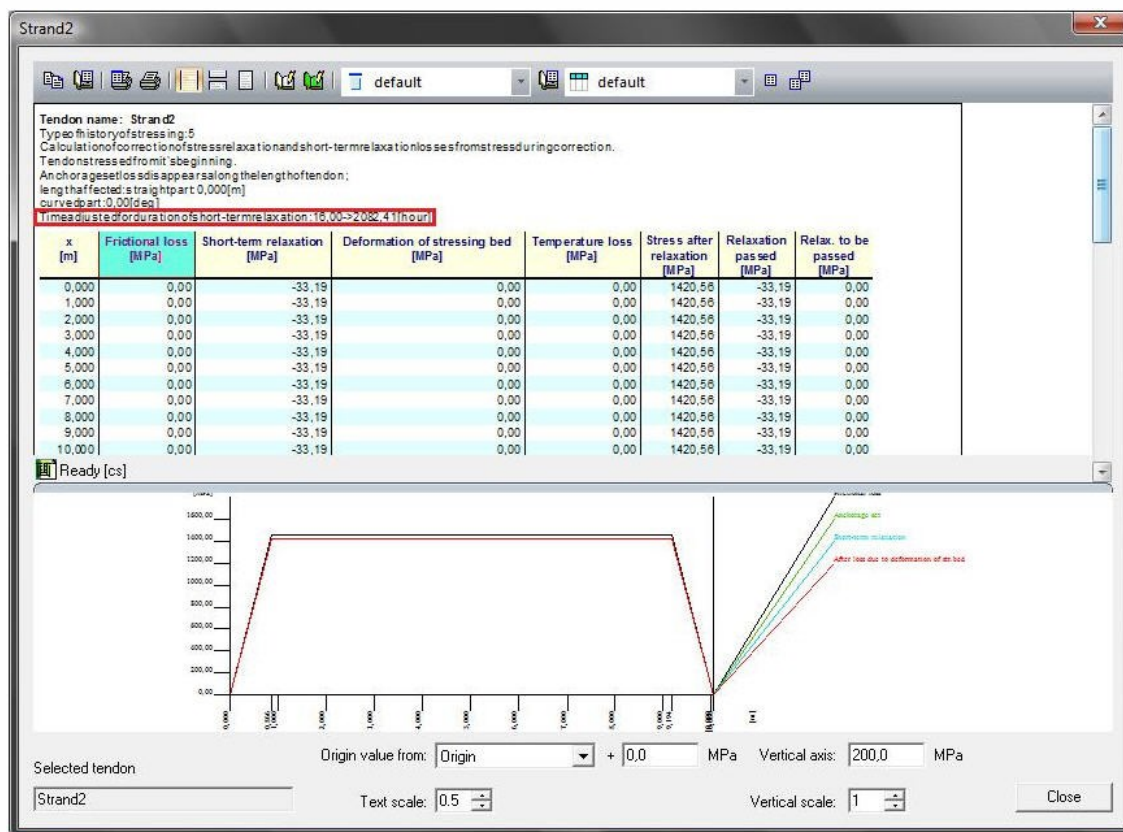
Relaxation acceleration - table

	t	ti [hour]	dti [hour]	Tp(dti) [C]	ti(adj) [hour]
1	t0	0,00	0,00	20,00	0,00
2	t1	3,50	3,50	22,50	44,87
3	t2	4,512	1,01	29,38	90,50
4	t3	5,50	0,98	38,13	175,70
5	t4	6,50	1,01	46,88	304,63
6	t5	7,51	1,01	55,63	475,21
7	t6	15,50	7,99	60,00	1992,76
8	t7	16,01	0,50	57,50	2082,51

Afb. 7 Tabel Maturiteit van beton

De waarden in de tabel Relaxatie versnelling kunnen met de knop Inlezen uit de tabel Maturiteit van beton worden geladen.

De tijd t_{eq} wordt gebruikt voor het berekenen van de duur van kortetermijnrelaxatie van voorgespannen strengen en het is mogelijk deze te bekijken met de knop Verliezen in het dialoogvenster Strengpatroon.



Afb. 8 Kortetermijnverliezen van voorgespannen streng.

Boorgatenpatroon

Voor het storten van een voorgespannen staaf, wordt een stalen plaat aan het einde van het spanbed geïnstalleerd. Deze plaat bevat gaten die de positie van strengen in het einddeel van de staaf zullen definiëren. Niet alle gaten hoeven noodzakelijk te worden gebruikt (gevuld met een streng) op iedere staaf. Een aantal gaten kunnen leeg blijven. Daarom maakt Scia Engineer onderscheid tussen **boorgatenpatroon** en [snede strengenpatroon](#).

Allereerst wordt een boorgatenpatroon gedefinieerd en dan wordt het gebruikt om een snede strengenpatroon te definiëren. Beide "entiteiten" definiëren de locatie van de strengen aan het einddeel van de voorgespannen staaf.

Opmerking: Meer informatie over de technologie die wordt gebruikt voor de productie van voorgespannen liggers kan worden gevonden in [\[3\]](#).

Boorgat patronen manager

De **Boorgat patronen manager** is een van de standaard Scia Engineer [database managers](#). Het stelt u in staat om de individuele boorgat patronen te bekijken, in te voeren, te bewerken, te verwijderen, af te drukken, te exporteren of te importeren.

Procedure voor het openen van de Boorgatenpatroon manager

1. Open de dienst **Bibliotheek**.
2. Open de tak **Voorspanningsspecial**.

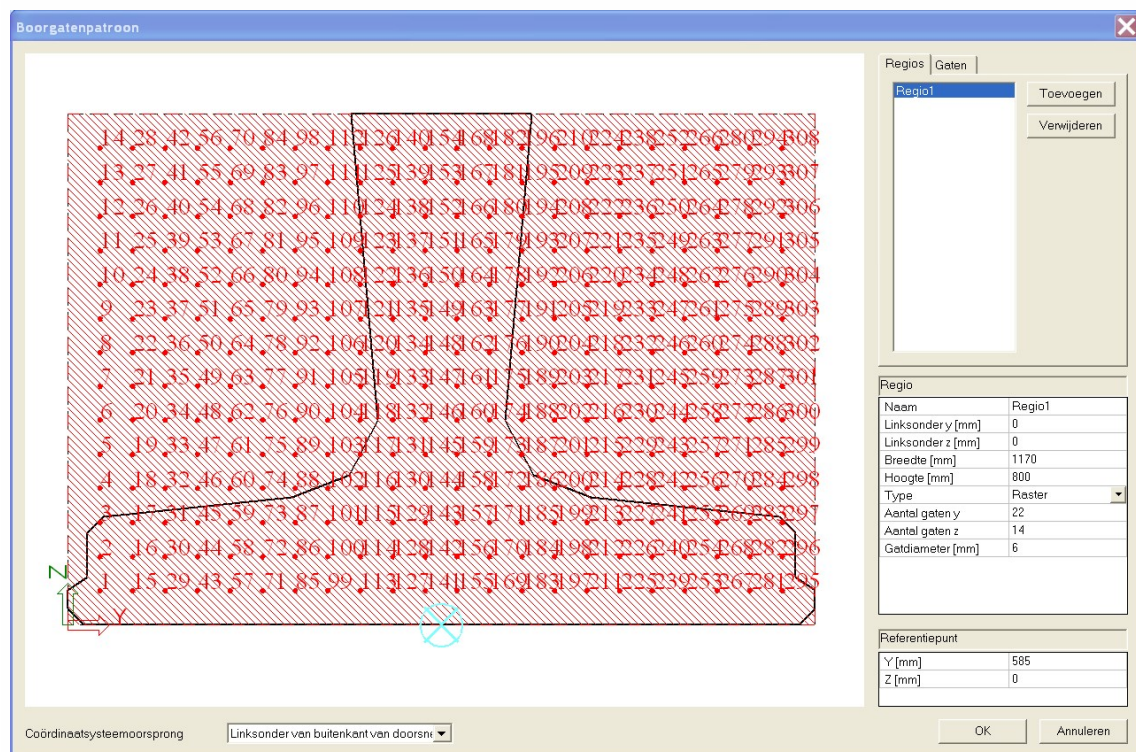
3. Start de functie **Boorgatenpatronen**.
4. De **Boorgatenpatroon manager** opent op het scherm.

Een nieuw boorgatenpatroon definiëren

Procedure voor het definiëren van een nieuw boorgatenpatroon

1. Open de [Boorgatenpatroon manager](#).
2. Klik op de knop **[Nieuw]**.
3. De **Doorsnede database manager** wordt op het scherm geopend.
4. Selecteer de doorsnede waarvoor het nieuwe boorgatenpatroon moet worden gedefinieerd.
5. Sluit de **Doorsnede database manager**.
6. Het bewerken dialoogvenster voor een boorgatenpatroon opent op het scherm.
7. Definieer het boorgatenpatroon.
8. Bevestig met **[OK]**.

Het bewerken dialoogvenster voor een boorgatenpatroon



Het dialoogvenster voor de definiëring of bewerking van een boorgatenpatroon bestaat uit de volgende onderdelen:

- grafisch venster,
- definiëren van coördinaten systeem,

- sectie van de invoer van gebieden en gaten,
- definiëren van referentiepunt.

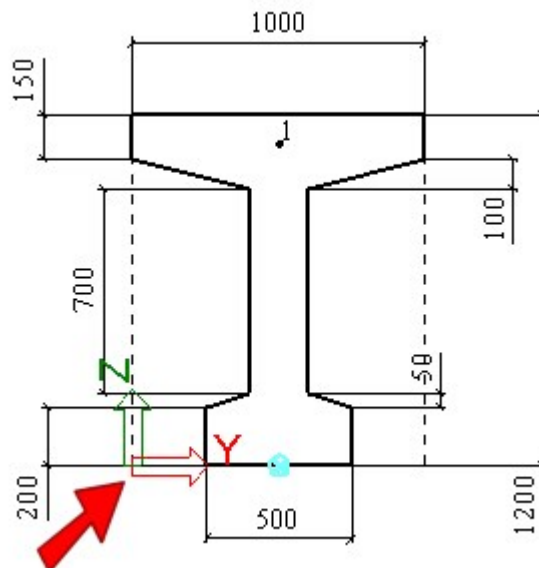
Grafisch venster

Het grafisch venster toont de geselecteerde doorsnede en het gedefinieerde patroon van gaten. Het ondersteunt standaard onderdelen van Scia Engineer grafische vensters:

- pop-up menu met een set van zoom, afdruk en exporteer functies,
- **[Ctrl] + [Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te vergroten/verkleinen,
- **[Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te verplaatsen.

Definiëring van het coördinatensysteem

U kunt de oorsprong van het invoer-coördinatensysteem selecteren. Het geselecteerde systeem wordt gemarkeerd in het grafische venster. Bijvoorbeeld:



Invoer van gebieden en gaten

De gaten in de plaat kunnen één voor één individueel of per blok in gespecificeerde gebieden (het gebied hoeft zelfs maar één gat bevatten) worden gedefinieerd.

Gebieden

Een gebied is altijd rechthoekig en wordt gedefinieerd door zijn positie in de doorsnede en zijn omvang. De gaten worden altijd rechthoekig verdeeld over het gebied. U kunt of (i) het aantal gaten in horizontale en verticale richting, of (ii) de positie van het eerste gat in iedere richting en de afstand tussen de gaten in die richting specificeren.

Naam	Specificeert de naam van het gebied.
Linksonder y Linksonder z	Definieert de coördinaten van de onderste linker hoek van het gebied.
Breedte	Specificeert de breedte van het gebied.

Hoogte	Specificeert de hoogte van het gebied.
Type	U kunt het type van definiëring van de gaten in het gebied selecteren: Raster – u definieert het aantal gaten in iedere richting Toename - u definieert de positie van het eerste gat in iedere richting en de afstand tussen de gaten in die richting
Aantal gaten y Aantal gaten z	Voert de gaten in voor het type Raster .
Eerste gat y Eerste gat z	Voert de gaten in voor het type Toename . Definieert de positie van het eerste boorgat.
Dy Dz	Voert de gaten in voor het type Toename . Specificeert de afstand tussen individuele boorgaten.
Gatdiameter	Definieert de gatdiameter.

Gaten

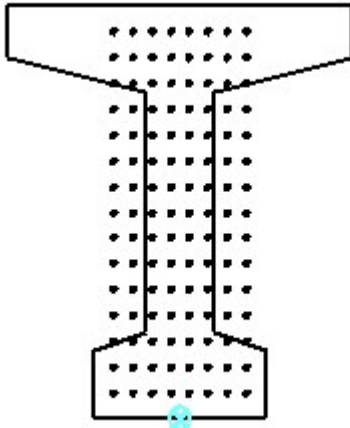
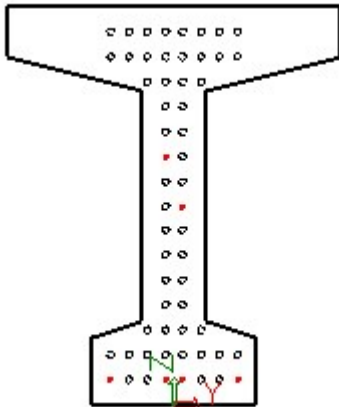
Gaten kunnen direct worden ingevoerd met hun positie in de doorsnede.

ID	(informatief) Toont het nummer van het gat. Het nummer wordt automatisch door het programma toegewezen.
Naam	Specificeert de naam van het gat.
Y Z	De coördinaten die de positie van het gat definiëren.
Diameter	Definieert de gatdiameter.

Gaten kunnen worden gekopieerd. In dat geval specificeert u of u alleen een enkele kopie maakt of een meervoudige kopie, voer de afstand tussen de kopieën in en, wanneer nodig, ook het aantal kopieën. Gebruik voor het kopiëren van een gat eenvoudig de knop **[Kopiëren]** naast de lijst van gaten en vul het kopie dialoogvenster in.



Opmerking: Wanneer u de gaten in gebieden definieert, kan het voorkomen dat een aantal gaten buiten de doorsnede "vallen" (vooral wanneer de doorsnede niet rechthoekig is). Deze buiten de doorsnede liggende gaten hoeven niet speciaal behandeld te worden, omdat deze automatisch worden uitgefilterd wanneer u het snede strengenpatroon definieert. Dat betekent dat strengen alleen in echte en juiste gaten kunnen worden ingevoerd.

Gedefinieerde gaten in het boorgatenpatroon	
Beschikbare gaten in het snede strengenpatroon	

Referentiepunt

Het referentiepunt kan worden gebruikt om het boorgatenpatroon in de doorsnede van de ligger te positioneren wanneer het snede strengenpatroon wordt gemaakt (u wordt gevraagd het boorgatenpatroon te positioneren op de doorsnede). Normaal gesproken kunt u de standaard instelling accepteren. Alleen wanneer u besluit een speciale configuratie van het boorgatenpatroon te gebruiken, kan het handig zijn om te "spelen" met het referentiepunt en één boorgatenpatroon gebruikt voor verschillende uiteindelijke locaties van strengen in de ligger.

Het bestaande boorgatenpatroon bewerken

Procedure voor het bewerken van het bestaande boorgatenpatroon

1. Open de [Boorgatenpatroon manager](#).
2. Selecteer het benodigde boorgatenpatroon.
3. Klik op de knop **[Bewerken]**.
4. Het bewerken dialoogvenster voor een boorgatenpatroon opent op het scherm.

5. Pas aan wat nodig is.
6. Bevestig met **[OK]**.



Opmerking: Lees voor meer informatie over het bewerken dialoogvenster het hoofdstuk [Een nieuw boorgatenpatroon definiëren](#).

Snede strengenpatroon

Het snede strengenpatroon definieert de positie van strengen aan het einde van een voorgespannen staaf. Allereerst moet een [boorgatenpatroon](#) worden gemaakt en later moet er een snede strengenpatroon voor worden gedefinieerd.



Opmerking: Meer informatie over de technologie die wordt gebruikt voor de productie van voorgespannen liggers kan worden gevonden in [\[3\]](#).

Snede strengenpatroon manager

De **Snede strengenpatroon manager** is een van de standaard Scia Engineer [database managers](#). Het stelt u in staat om het individuele snede strengenpatroon te bekijken, in te voeren, te bewerken, te verwijderen, af te drukken, te exporteren of te importeren.

Procedure voor het openen van de Snede strengenpatroon manager

1. Open de dienst **Bibliotheek**.
2. Open de tak **Voorspanningsspecial**.
3. Start de functie **Snede strengenpatroon**.
4. De **Snede strengenpatroon manager** opent op het scherm.

Een nieuw doorsnede strengpatroon definiëren

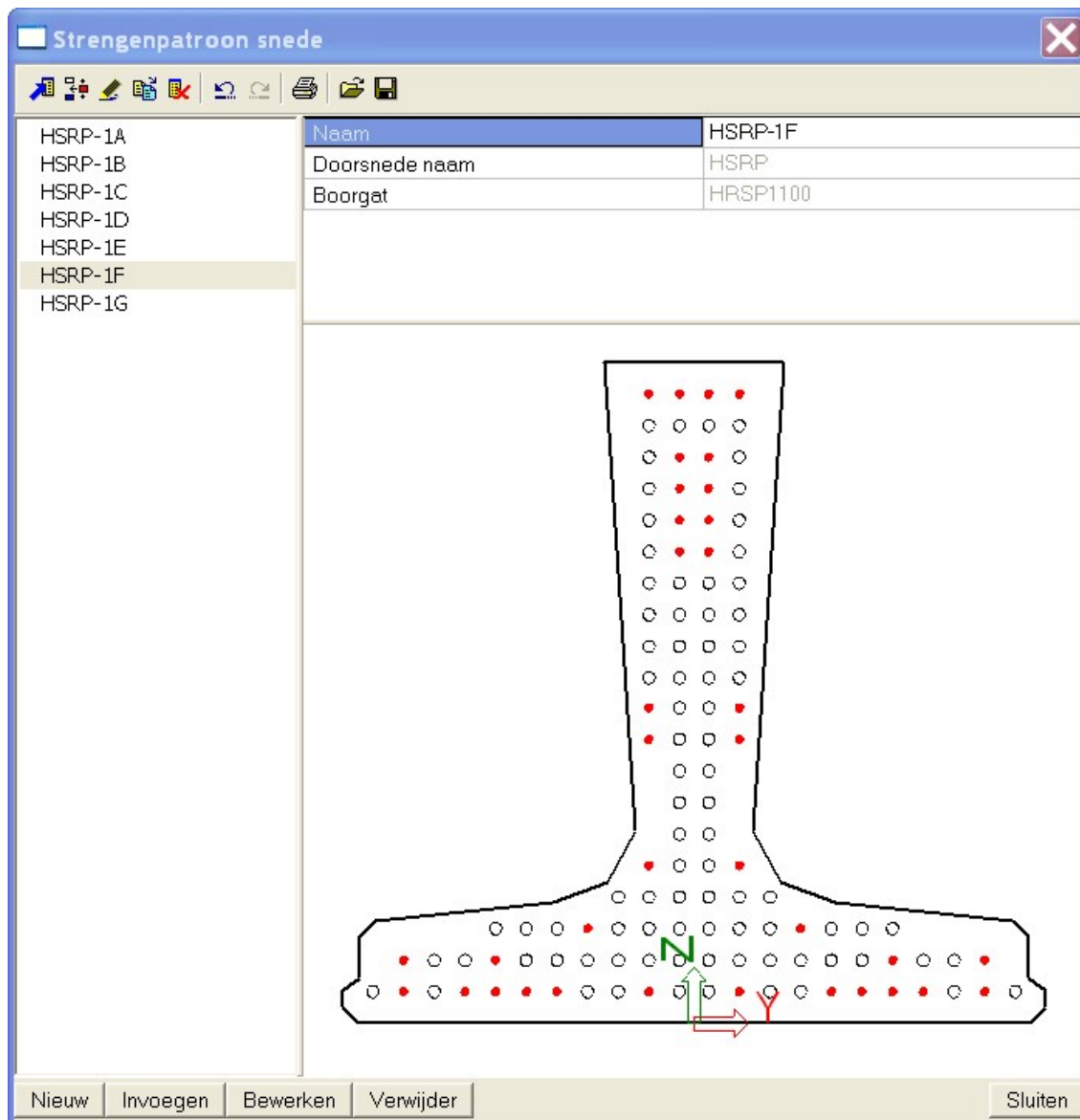
Procedure voor het definiëren van een nieuw doorsnede strengpatroon

1. Open de [Strengenpatroon snede manager](#).
2. Klik op de knop **[Nieuw]**.
3. De **Doorsnede database manager** wordt op het scherm geopend.
4. Selecteer de doorsnede waarvoor een nieuw strengenpatroon zou moeten worden gedefinieerd.
5. Sluit de **Doorsnede database manager**.
6. Selecteer het boorgatenpatroon waarvoor een nieuw doorsnede strengenpatroon zou moeten worden gedefinieerd.
7. Sluit de **Boorgatenpatroon manager**.
8. Een klein positioneringsvenster wordt geopend op het scherm.

9. Plaats het boorgatenpatroon in de doorsnede (zie de opmerking hieronder).
10. Het bewerkinsvenster voor een snede strengenpatroon wordt geopend op het scherm.
11. Definieer het nieuwe snede strengenpatroon.
12. Bevestig met **[OK]**.

Opmerking: Deze positionering van het boorgatenpatroon op de doorsnede kan later van belang worden wanneer u besluit de hoogte van de doorsnede te veranderen. De positie van strengen is gerelateerd aan het referentiepunt en wordt niet beïnvloed door de verandering van de afmeting. U kunt voor het referentiepunt kiezen dat het beste aansluit bij uw behoeften.

Bewerkingsvenster voor het snede strengenpatroon



Het dialoogvenster voor het definiëren of bewerken van een snede strengenpatroon bestaat uit de volgende onderdelen:

- grafisch venster,
- info-tabel,
- legenda,
- streng eigenschappen,
- weergaveknop voor beeldparameters,
- knop voor onthechttingslengte,
- controleknoppen.

Grafisch venster

Het grafisch venster toont de geselecteerde doorsnede en het gedefinieerde patroon van gaten. Het ondersteunt standaard onderdelen van grafische vensters van Scia Engineer:

- pop-upmenu met een serie zoom-, afdruk- en exporteerfuncties,
- **[Ctrl] + [Shift]** + klik met rechtermuisknop en slepen om de tekening te vergroten/verkleinen,
- **[Shift]** + klik met rechtermuisknop en slepen om de tekening te verplaatsen.

Info-tabel

Deze tabel bevindt zich in de linkerbovenhoek van het dialoogvenster.

Naam	Specificeert de naam van het patroon.
Doorsnedenaam	(informatief) Informeert over de doorsnede gebruikt in het doorsnede patroon.
Boorgat	(informatief) Informeert over het boorgat gebruikt in het doorsnede patroon.

Legenda

De legenda heeft twee rollen:

- (informatief) het verklaart de symbolen die in het grafisch venster worden gebruikt (ieder type streng gebruikt een speciaal grafisch teken of een speciale kleur),
- (actief) het wordt gebruikt voor de invoer van individuele strengen in de boorgaten.

Procedure voor de invoer van een nieuwe streng

1. Selecteer in de **Legenda** het benodigde strengmateriaal en -diameter.
2. Klik in het grafisch venster de gaten aan waar u een streng wilt hebben.
3. Wanneer u meer materialen/diameters wilt combineren, herhaal dan eenvoudig de stappen 1 en 2.

Procedure voor het verwijderen van de bestaande streng

1. Selecteer in de **Legenda** het onderdeel **Boorgat zonder streng**.
2. Klik in het grafisch venster de streng aan die u wilt verwijderen.

Procedure voor het definiëren van onthechte of gefixeerde streng

1. Selecteer in de **Legenda** het onderdeel **Onthecht** of **Vast**.
2. Klik in het grafisch venster de juiste streng(en) aan.

Als alternatief kunt u deze twee eigenschappen in het eigenschappenvenster van de benodigde streng definiëren (zie hieronder).

Streng eigenschappen

Wanneer een gedefinieerde streng in het grafisch venster wordt geselecteerd, worden de eigenschappen ervan getoond in het eigenschappenvenster.

Naam

Specificeert de naam van de streng.

ID

Specificeert de ID van de streng.

Groeperen

(informatief) Het nummer van de strenggroep.

Materiaal

Selecteer het materiaal en de diameter.

Positie in gat

Specificeert de positie van de kabel in het gat (midden, boven, onder, links, rechts).

Vast

Specificeert wanneer de streng gefixeerd is. De gefixeerde streng heeft een vaste positie in de doorsnede langs de hele lengte van de 1D-staaf. Hij is recht.

Onthechttingslengte

Definieert of de streng onthecht is aan zijn einde en zo ja, over welke afstand.

De onthechte streng heeft ook een vaste positie in de doorsnede langs de hele lengte van de 1D-staaf. Hij is recht.

Volgorde van spannen

Definieert de volgorde waarin de strengen worden gespannen.

Manier van voorspannen

Zie het hoofdstuk [Eigenschappen van voorgespannen kabels](#).

Spanning tijdens corrigeren

Spanning in gespannen einde van kabel; de hoeveelheid relaxatie kan worden verminderd door de spanning constant te houden (zogenaamde correctie van relaxatie)

Duur van behouden spanning

Duur van het houden van constante spanning tijdens correctie van relaxatie.

Initiële spanning

Aanvangsspanning in gespannen einde van kabel (vóór verankering)

Wigzetting

Definieert de wrijving aan het gespannen einde van de streng.

Bepaal verankeringslengte

Dit onderdeel geeft aan hoe de verankeringslengte wordt bepaald. Deze kan worden berekend door het programma of rechtstreeks worden ingevoerd door de gebruiker.

Verankeringslengte

De lengte van ontwikkeling van de hechting tussen het beton en de voorgespannen kabel.

Opmerking : lees de paragraaf **Verankeringslengte** aan het einde van het onderwerp.

Afstand tussen snedes voor uitvoer

Specificeert de afstand voor uitvoer.

Haak

Dit onderdeel definieert de positie van de haak.

Positie Y, Z

(informatief) Toont de positie van de streng.



Opmerking: In het eigenschappen venster kunt u selectie-door-eigenschap gebruiken. Selecteer een streng, selecteer in het eigenschappenvenster de eigenschap waarin u geïnteresseerd bent, klik op het "koker" icoon in de rechterbovenhoek van het eigenschappenvenster en het programma selecteert alle strengen die dezelfde eigenschap hebben. De geselecteerde eigenschappen worden gemarkeerd in het grafisch venster. Dit onderdeel kan worden gebruikt voor zowel actieve als informatieve eigenschappen.



Opmerking: het is mogelijk om een meervoudige selectie van strengen te maken in het grafisch venster. Houd de toets **[Ctrl]** ingedrukt en klik met de linkermuisknop. Wanneer de meervoudige selectie is gemaakt kunt u een benodigde eigenschap van alle geselecteerde onderdelen tegelijkertijd veranderen.

Beeldparameters

Met deze knop opent u een dialoogvenster met beeldparameters. Hun betekenis spreekt min of meer voor zichzelf.

Onthechtingslengtes

Met deze knop kan een aantal verschillende onthechtingslengtes worden gedefinieerd. Eén onthechtingslengte kan dan worden toegewezen aan een streng in het eigenschappenvenster.

Verankeringslengte

Voor alle normen behalve Eurocode is de transmissielengte de enige waarde (met betrekking tot de ontwikkeling van binding) die verschijnt in het uitvoerdocument.

Voor EC-EN wordt naast **transmission length** ook de term **anchorage length** gedefinieerd. De **anchorage length** wordt automatisch berekend door het programma.

Transmission length l_{pt} is de lengte waarover de initiële voorspankracht wordt overgebracht in beton.

Anchorage length l_{bpd} is de lengte waarover de limiet voorspankracht wordt overgebracht in beton.

Uiterste grenstoestand controles

De uiterste grenstoestand controles omvatten **Controle van respons** en **Controle van capaciteit**. Deze twee controles maken gebruik van de verankeringslengte (anchorage length) voor de overdracht van de voorspanning.

Gebruiksgrenstoestandcontroles

De gebruiksgrenstoestandcontroles omvatten **Scheurwijdte controle** en **Toelaatbare spanning in beton**. Deze twee controles maken gebruik van de verankeringslengte (transmission length) voor de overdracht van de voorspanning.

Uiterste grenstoestand controles - met verankeringslengte

Deze groep omvat **Toelaatbare hoofdspanning** en **Controle van mechanische weerstand van kanaalplaten**. Deze twee controles maken gebruik van de verankeringslengte (transmission length) voor de overdracht van de voorspanning.

Het bestaande snede strengenpatroon bewerken

Procedure voor het bewerken van het bestaande snede strengenpatroon

1. Open de [Snede strengenpatroon manager](#).
2. Selecteer het benodigde strengenpatroon.
3. Klik op de knop **[Bewerken]**.
4. Het bewerken dialoogvenster voor een snede strengenpatroon opent op het scherm.
5. Verander de benodigde parameters van het geselecteerde snede strengenpatroon.
6. Bevestig met **[OK]**.
7. Sluit de manager.

Ligger strengenpatroon

Wanneer een [snede strengenpatroon](#) is gedefinieerd (d.w.z. dat ook een [boorgatenpatroon](#) moet zijn gemaakt), is het mogelijk de vorm van voorspankabels langs de staaf te definiëren. In Scia Engineer wordt deze vorm gedefinieerd door middel van een ligger strengenpatroon. Het is in feite een set van strengenpatronen gedefinieerd voor individuele sneden van de ligger.

Zowel de ligger als de voorspanwapening worden symmetrisch verondersteld, dus alleen een helft van de ligger moet worden gedefinieerd.

Het hangt af van de vorm van de wapening hoeveel doorsneden moeten worden gemaakt voor ieder ligger strengenpatroon. Wanneer de strengen hun positie in de doorsnede niet veranderen, is één doorsnede (het snede strengenpatroon) voldoende.

Een nieuw ligger strengenpatroon definiëren

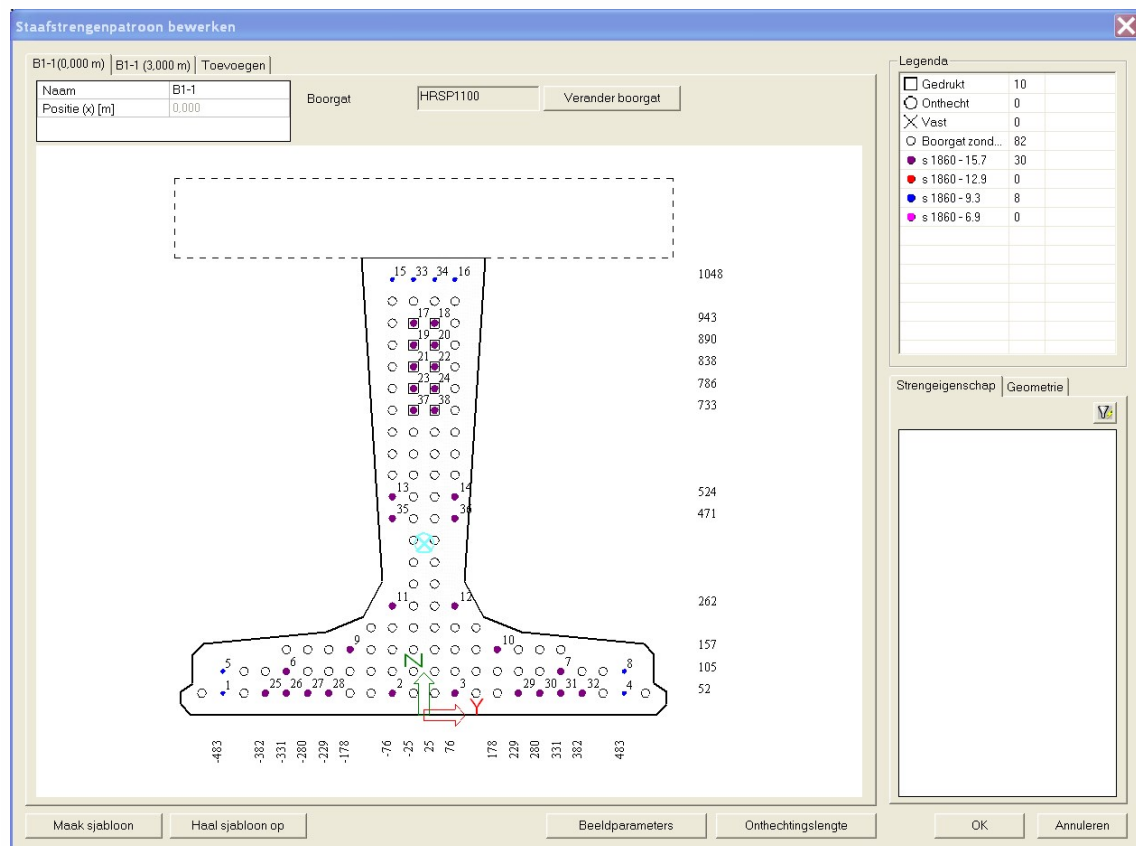
Procedure voor het definiëren van een nieuw ligger strengenpatroon uit boorgatenpatroon

1. Open de service **Beton**.
2. Start (dubbelklik op) de functie **Voorspanning – Strengenpatroon**.
3. Selecteer het liggerelement waar het ligger strengenpatroon moet worden ingevoegd.
4. Het dialoogvenster **Selecteer sjabloon** wordt op het scherm geopend.
5. Selecteer het onderdeel **Boorgat**.
6. In het geval van een willekeurige ligger wordt de **Doorsnede manager** op het scherm geopend en moet u de benodigde doorsnede selecteren.
7. De **Boorgatenpatroon manager** wordt op het scherm geopend.
8. Selecteer het benodigde boorgatenpatroon.
9. Plaats het boorgatenpatroon in de doorsnede.
10. Het bewerkingsdialoogvenster voor het ligger strengenpatroon wordt op het scherm geopend.
11. Definieer de benodigde doorsneden van het ligger strengenpatroon. Ook de selectie (of invoer) van een voorgespannen belastinggeval kan hier nodig zijn. Het belastinggeval is nodig voor opslag van resultaten.
12. Bevestig met **[OK]**.

Procedure voor het definiëren van een nieuw ligger strengenpatroon uit snede strengenpatroon

1. Open de service **Beton**.
2. Start (dubbelklik op) de functie **Voorspanning – Strengenpatroon**.
3. Selecteer het liggerelement waar het ligger strengenpatroon moet worden ingevoegd.
4. Het dialoogvenster **Selecteer sjabloon** wordt geopend.
5. Selecteer het onderdeel **Snede strengenpatroon**.
6. In het geval van een willekeurige ligger wordt de **Doorsnede manager** op het scherm geopend en moet u de benodigde doorsnede selecteren.
7. De **Snede strengenpatroon manager** wordt op het scherm geopend.
8. Selecteer het benodigde boorgatenpatroon.
9. Plaats het boorgatenpatroon in de doorsnede.
10. De selectie (of invoer) van een voorgespannen belastinggeval kan hier nodig zijn. Het belastinggeval is nodig voor opslag van resultaten.
11. Het bewerkingsdialoogvenster voor het ligger strengenpatroon wordt op het scherm geopend.
12. Bevestig met **[OK]**.

Bewerkingsdialoogvenster voor het ligger strengenpatroon



Het dialoogvenster voor het definiëren of het bewerken van een ligger strengenpatroon bestaat uit de volgende onderdelen:

- tabbladen voor individuele doorsneden met grafisch venster,
- tabblad voor invoer van een nieuwe doorsnede,
- info-tabel,
- boorgat informatie en knop voor het wijzigen ervan,
- legenda,
- streng eigenschappen,
- actieknop voor berekening van verliezen in de geselecteerde streng,
- streng geometrie,
- weergaveknop voor beeldparameters,
- knop voor onthechttingslengte,
- sjabloon knoppen,
- controle knoppen.

Grafisch venster

Het grafisch venster toont de geselecteerde doorsnede en het gedefinieerde patroon van gaten. Het ondersteunt standaard onderdelen van Scia Engineer grafische vensters:

- pop-up menu met een serie zoom, print en exporteer functies,
- **[Ctrl] + [Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te vergroten/verkleinen,
- **[Shift]** + rechter muisklik en slepen om de tekening te verplaatsen.

Info-tabel

Deze tabel bevindt zich boven in de linkerhoek van het dialoogvenster.

Naam	Specificeert de naam van het patroon.
Positie	(informatief) Geeft de positie van de doorsnede op de ligger weer.

Boorgat informatie

Dit deel van het dialoogvenster toont het voor het huidige strengenpatroon geselecteerde boorgat. De knop **[Verander boorgat]** kan worden gebruikt om het patroon te veranderen.



Opmerking: Wanneer het boorgatenpatroon is veranderd worden alle reeds gedefinieerde strengen verwijderd.

Legenda

De legenda heeft twee rollen:

- (informatief) het verklaart de symbolen die in het grafisch venster worden gebruikt (ieder type streng gebruikt een speciaal grafisch teken of een speciale kleur),
- (actief) het wordt gebruikt voor de invoer van individuele strengen in de boorgaten.

De procedure voor invoer en verwijdering van strengen en voor aanpassing van speciale eigenschappen worden beschreven in het hoofdstuk [Een nieuw snede strengenpatroon definiëren](#).

Streng eigenschappen

Wanneer een gedefinieerde streng in het grafisch venster wordt geselecteerd, worden zijn eigenschappen getoond in het eigenschappenvenster. De betekenis van de eigenschappen wordt beschreven in het hoofdstuk [Een nieuw snede strengenpatroon definiëren](#).

Berekening van verliezen in de geselecteerde streng

Door het gebruik van de actieknop in het onderste gedeelte van het eigenschappen dialoogvenster kunt u de verliezen voor de geselecteerde streng berekenen. De knop opent een dialoogvenster met een tabel en diagram van berekende korte termijn verliezen.



Opmerking: Zie ook het hoofdstuk [Korte termijn verliezen](#).

Streng geometrie

Yp; Zp	Coördinaten van het centrale zwaartepunt van het hele strengenpatroon
Yp, ont; Zp, ont	Coördinaten van het centrale zwaartepunt van alle onthechte strengen
Yp, stuk; Zp, stuk	Coördinaten van het centrale zwaartepunt van alle strengen met coating
n	Totale hoeveelheid strengen in het strengenpatroon
Ap	Totale oppervlak van het volledige strengenpatroon
Ac	Totale doorsnede betonoppervlak zonder het oppervlak van de strengen
Ap, ont	Totale oppervlak van alle onthechte strengen
Ap, druk	Totale oppervlak van alle strengen met coating
Y; Z	Coördinaten van het centrale zwaartepunt van de gecombineerde doorsnede – beton plus voorspanning staal
Iz; Iy	Traagheidsmoment voor z/y-as van gecombineerde doorsnede (z-as is de sterke as)
Iz,c; Iy, c	Traagheidsmoment voor z/y-as van gecombineerde doorsnede zonder de strengen (z-as is de sterke as)
Wy, bk; Wy, ok	Sectie modulus voor z/y-as van gecombineerde doorsnede boven aan de sectie

Beeldparameters

Deze knop opent een dialoogvenster met beeldparameters. Hun betekenis spreekt min of meer voor zichzelf.

Onthechttingslengten

Een aantal verschillende onthechttingslengten kunnen hier worden gedefinieerd. Eén onthechttingslengte kan dan worden toegewezen aan een streng in het eigenschappenvenster.

Sjabloonknoppen

[Maak sjabloon]	Een nieuwe sjabloon wordt opgeslagen in het project.
[Haal sjabloon op]	Het strengenpatroon wordt geladen uit een bestaande sjabloon.

Het bestaande ligger strengenpatroon bewerken

Procedure voor het bewerken van het bestaande ligger strengenpatroon uit boorgatenpatroon

1. Selecteer het ligger strengenpatroon waarvoor de verliezen zouden moeten worden berekend.
2. De eigenschappen van het strengenpatroon worden getoond in het Eigenschappen venster.
3. Klik op de knop **[Bewerk strengenpatroon]**.
4. Het bewerken dialoogvenster voor het geselecteerde strengenpatroon wordt geopend op het scherm.
5. Maak de noodzakelijke veranderingen.
6. Bevestig met **[OK]**.

Kabelspanningen

Resultaatdiagrammen in grafisch venster



Opmerking: De principes voor weergave van resultaten worden beschreven in het hoofdstuk [Resultaten](#).

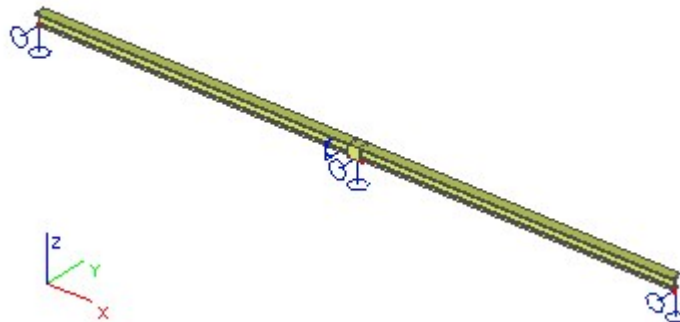
Procedure voor weergave van kabel spanningen

1. Open de service **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. [Selecteer de belasting voor de weergave](#).
4. [Pas de stijl van resultaat diagrammen aan](#).
5. Selecteer de ligger streng patronen waarvoor de resultanten moeten worden getekend.
6. Gebruik de filter om de kabels die worden weergegeven te specificeren (zie hieronder).
7. Druk op de knop **[Herlees]** om de tekening te regenereren.
8. Sluit, wanneer gereed, de service **Resultaten**.

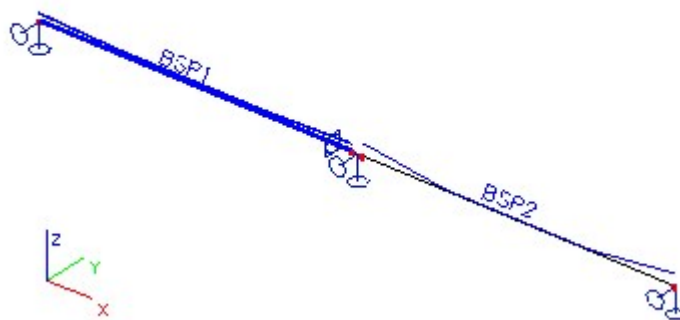
De resultaten filteren

Mogelijkheden voor filtering zullen met een eenvoudig voorbeeld worden uitgelegd.

Stelt u zich een doorgaande ligger met twee overspanning voor, gebouwd in twee bouwfases: linker overspanning in de eerste fase (belastinggeval 1 toegewezen), het tweede overspanning in de tweede fase (belastinggeval 2 toegewezen).



Beide overspanningen worden voorgespannen en hebben een gedefinieerd ligger strengenpatroon. De linker overspanning bevat 5 strengen, de tweede slechts één.



Open de service **Resultaten** en start de functie **Kabelspanning**.

Stel de **Selectie** in op **Standaard** en selecteer geen ligger strengenpatroon.

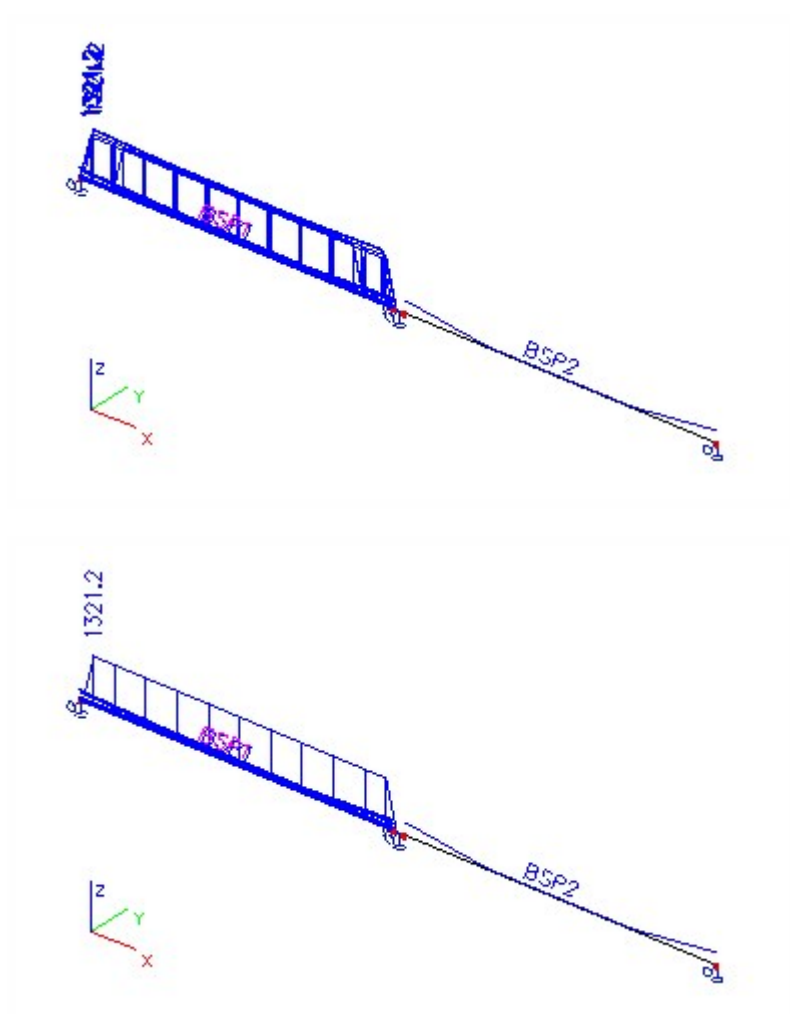
Open de combo box **Kabel**, het bevat alleen één optie: **Alles met selectie**.

Selecteer nu het strengenpatroon in de linker overspanning en open dezelfde combo box weer. Het biedt **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de eerste ligger.

Verwijder de selectie, selecteer het rechter overspanning en kijk in de combo box. Het biedt **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de tweede ligger.

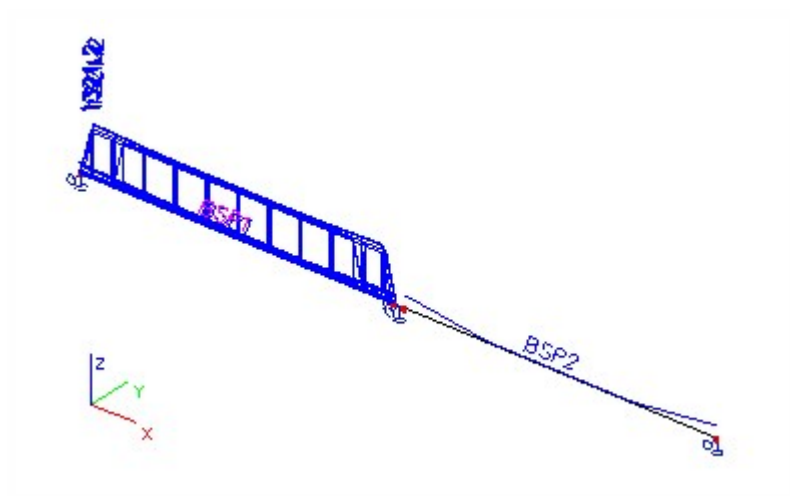
Selecteer beide strengpatronen en open de combo box weer. **Alles met selectie** plus de vijf strengen van de eerste ligger, plus de streng van de tweede ligger.

Op deze manier kunt u slechts één kabel selecteren en de resultaten hierop weergeven. Deze optie is vooral handig wanneer er meerdere strengen op een ligger zijn. Vergelijk de afbeelding hieronder. De eerste toont de resultaten op alle strengen in de ligger, de tweede alleen op één streng.

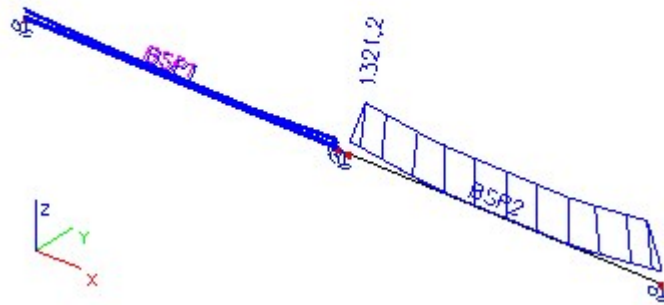


Stel nu **Selectie** in op **Alles**. Selecteer **Alles met selectie** in de combo box.

Stel **Belastingtype** in op **Belastinggeval** en selecteer **BG1**. Dit belastinggeval wordt toegewezen aan de eerste bouw-fase wanneer alleen de linker overspanning bestaat. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen alleen op de linker overspanning weergegeven.

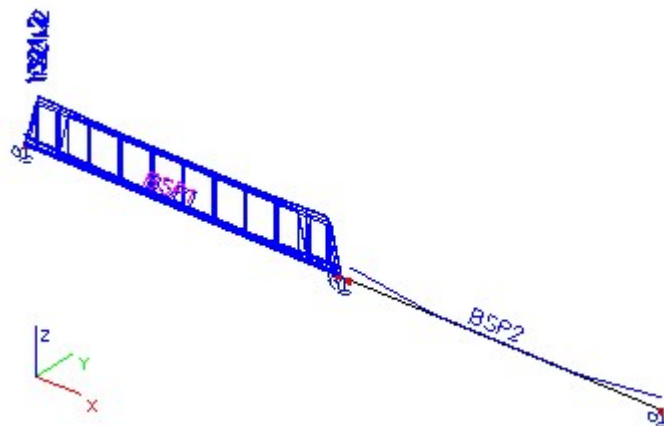


Overeenkomstig, wanneer u **BG2** selecteert worden alleen de kabelspanningen op het rechter overspanning getoond.

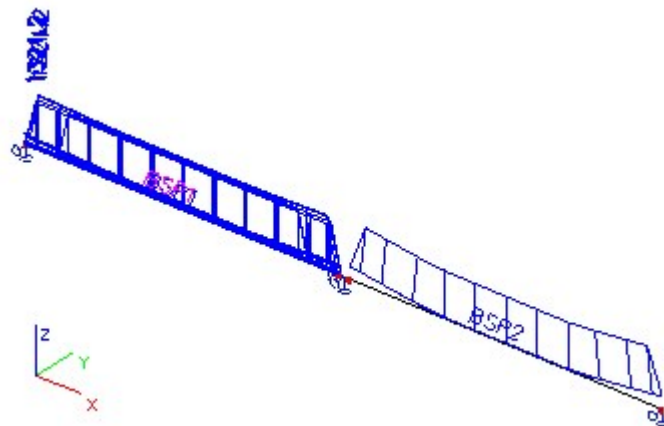


En uiteindelijk, stel de **Selectie** in op **Alles** en houdt de **Alles met selectie** in de combo box **Kabel**.

Stel **Belastingtype** in op **Klasse** en selecteer **Klasse 1**. Deze klasse komt overeen met de eerste bouwphase wanneer alleen het eerste overspanning bestaat. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen alleen op de linker overspanning weergegeven.



Selecteer **Klasse 2** die overeenkomt met de tweede bouwphase, wanneer beide overspanningen bestaan. Wanneer u op de knop **[Herlees]** drukt, worden de kabelspanningen op beide overspanningen weergegeven.



Gedetailleerde resultaten

Het is mogelijk om gedetailleerde resultaten voor een enkel ligger strengenpatroon weer te geven

Procedure de weergave van gedetailleerde resultaten

1. Open de dienst **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. Klik op de actieknop **[Gedetailleerd]**.
4. Selecteer één ligger strengenpatroon.
5. Een venster met gedetailleerde resultaten opent op het scherm.

Afdrukvoorbeeld in het Afdrukvoorbeeld venster

De resultaten kunnen worden bekeken in tabel vorm in het afdrukvoorbeeld venster.

Procedure voor het zien van het afdrukvoorbeeld

1. Open de dienst **Resultaten**.
2. Start de functie **Kabelspanning**.
3. [Selecteer de belasting voor de weergave.](#)
4. [Pas de stijl van de resultaat diagrammen aan.](#)
5. Selecteer de ligger strengpatronen waarvoor de resultaten moeten worden getekend.
6. Gebruik een filter om de kabels voor weergave te specificeren (zie hieronder).
7. Druk op de knop **[Afdrukvoorbeeld]** om de resultatentabel te zien.

Verklaring van afkortingen

SAT	Overspanning na overplaatsen (Stress after transfer).
LED	Verlies door opeenvolgende voorspanning + verlies veroorzaakt door de elastische vervorming van beton
LCS	Verlies dor kruip en krimp van beton + verlies door lange termijn staal relaxatie
Lmin	Verlies (verandering van) voorspanning veroorzaakt door gebruikslast (min)
Lmax	Verlies (verandering van) voorspanning veroorzaakt door gebruikslast (max)
MinStress	Minimale spanning in fase
MaxStress	Maximale spanning in fase

Kabelbrongeometrie

Nadat de vorm (geometrie) van een kabel is gedefinieerd, kunt u een functie gebruiken die **Brongeometrie** wordt genoemd. De brongeometrie is in feite een onafhankelijk voorbereide vorm (geometrie) van de kabel, zonder koppeling met een specifieke constructie-entiteit die moet worden verstevigd. Het voordeel is duidelijk. U kunt de vorm van de kabel één keer voorbereiden en vervolgens bijvoorbeeld toewijzen aan een groot aantal staven. Bovendien wordt de brongeometrie gemaakt alsof deze is bedoeld voor een rechte staaf. Later kan deze echter zelfs aan een gekromde staaf worden toegewezen. De x-as (lengteas) van de brongeometrie volgt gewoon de x-as van de staaf, ongeacht het mogelijk gekronkelde karakter van de staafas. Deze functie vereenvoudigt het invoeren van kabels in gekromde staven aanzienlijk.

Kabelbrongeometriemanager

De brongeometrie voor kabels wordt beheerd via een standaard databasemanager van Scia Engineer. Dit betekent dat alle invoerbrongeometrieën worden opgeslagen in een aparte database en dat bijvoorbeeld individuele onderdelen kunnen worden geëxporteerd van het ene project naar een ander.

De Kabelbrongeometriemanager verschilt enigszins van de standaard databasemanager: het grafische venster is in twee gesplitst zodat het zij- en het bovenaanzicht van de brongeometrie tegelijk kunnen worden weergegeven.

Procedure voor het openen van de Kabelbrongeometriemanager

Ofwel:

Gebruikt u de menuboomfunctie **Bibliotheek > Naspanning > Kabelbrongeometrie**.

Ofwel:

Klikt u op de knop met drie puntjes [...] in het onderdeel **Brongeometrie** wanneer de eigenschapstabel van een kabel wordt weergegeven tijdens het invoeren of bewerken van de kabel.

Een nieuwe brongeometrie voor kabels definiëren

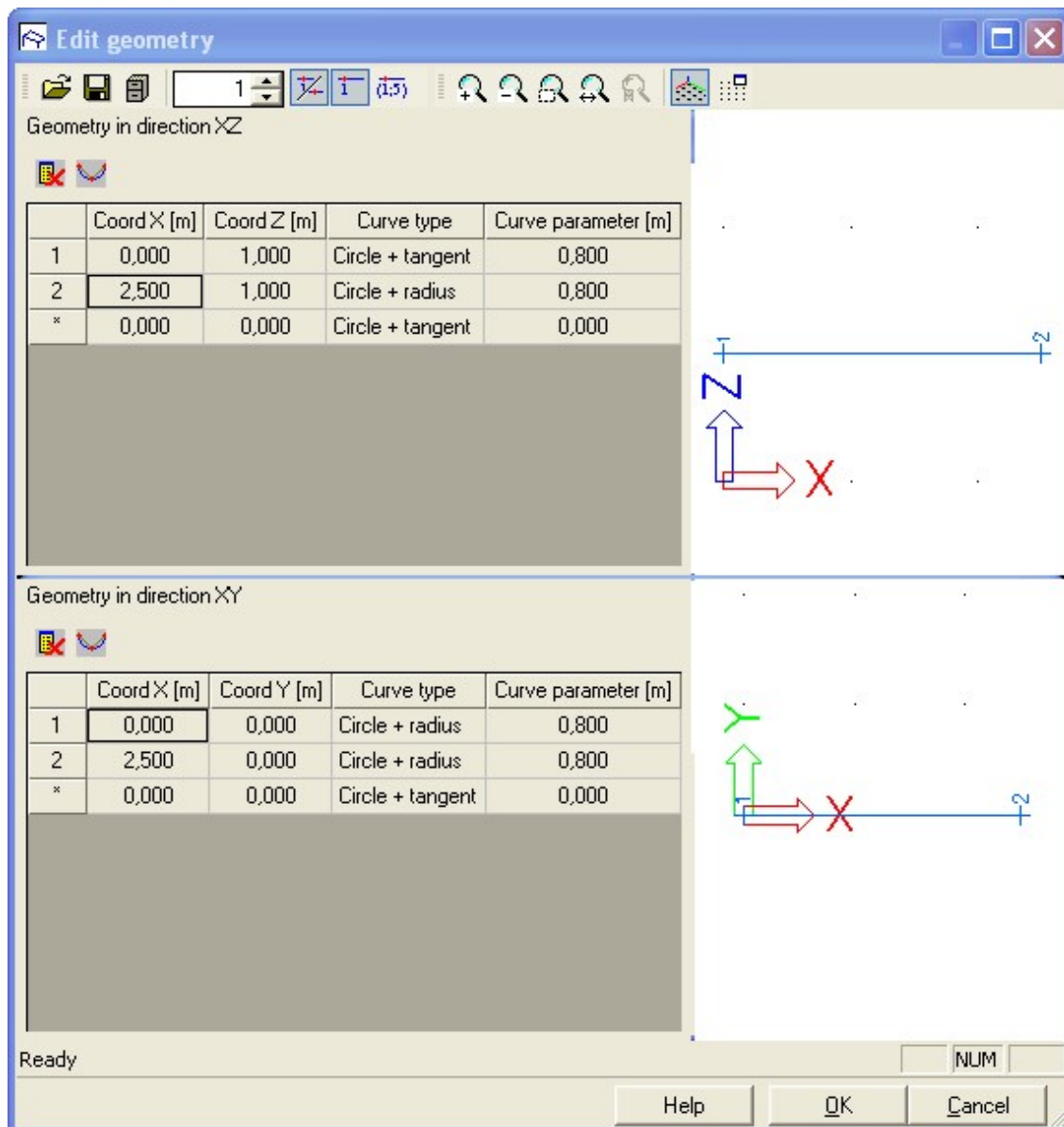
U kunt een nieuwe brongeometrie definiëren door een volledig nieuwe geometrie in te voeren of een al gedefinieerde brongeometrie te importeren. U kunt ook beide manieren combineren. Dit betekent dat de brongeometrie kan bestaan uit meerdere delen die zijn samengevoegd tot één "langere" brongeometrie.

Procedure voor het definiëren van een nieuwe brongeometrie

1. Open de [Kabelbrongeometriemanager](#).
2. Klik op de knop **[Nieuw]**.
3. Het dialoogvenster **Bewerken geometrie** wordt geopend.
4. Voer de brongeometrie in.
5. Bevestig met **[OK]**.
6. Sluit de Kabelbrongeometriemanager.

Dialoogvenster Bewerken geometrie

In dit bewerkingsvenster kunt u de vorm van de kabel numeriek invoeren. U moet individuele vertices en krommetypen in elke vertex invoeren.



Opmerking: De verhoudingen van individuele delen van het bewerkingsvenster zijn bewust verstoord om de afbeelding op één afgedrukte pagina te laten passen.

Invoertype

Er zijn over het algemeen twee invoertypen:

- (i) de kabel "passeert" de individuele vertices op basis van het invoertype van de kromme, d.w.z. de kabel gaat niet direct doorheen de vertex,
- (ii) de kabel gaat direct doorheen de vertices - dit wordt "puntpassen" genoemd.

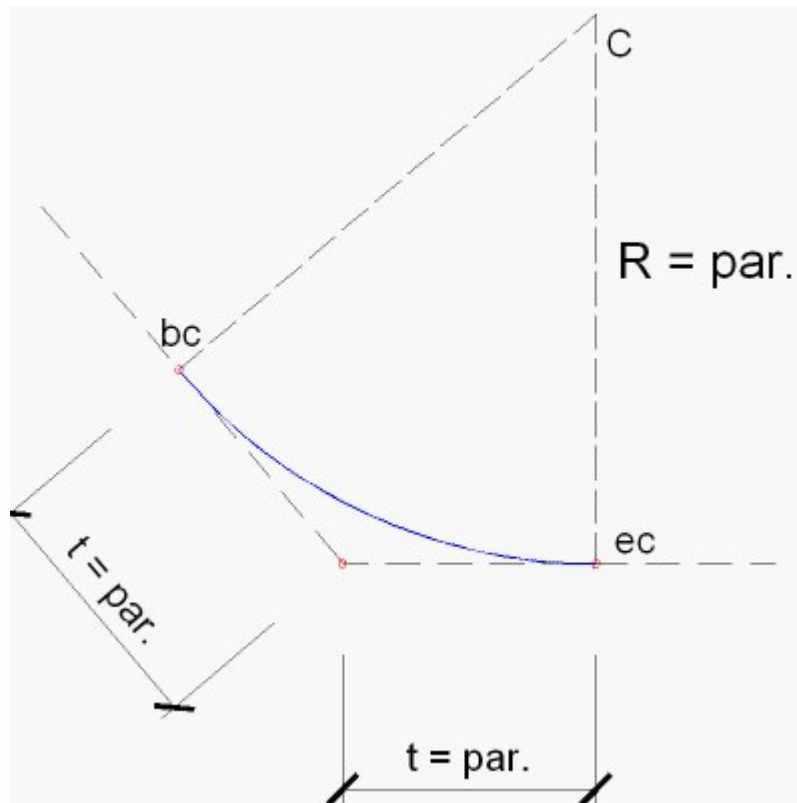
Voor het eerste invoertype zijn de volgende opties beschikbaar.

Cirkel + raaklijn

Cirkel; de parameter is de afstand tussen de vertex en het raaklijnpunt, zie Fig. 1 - Cirkel - typen 0 en 1.

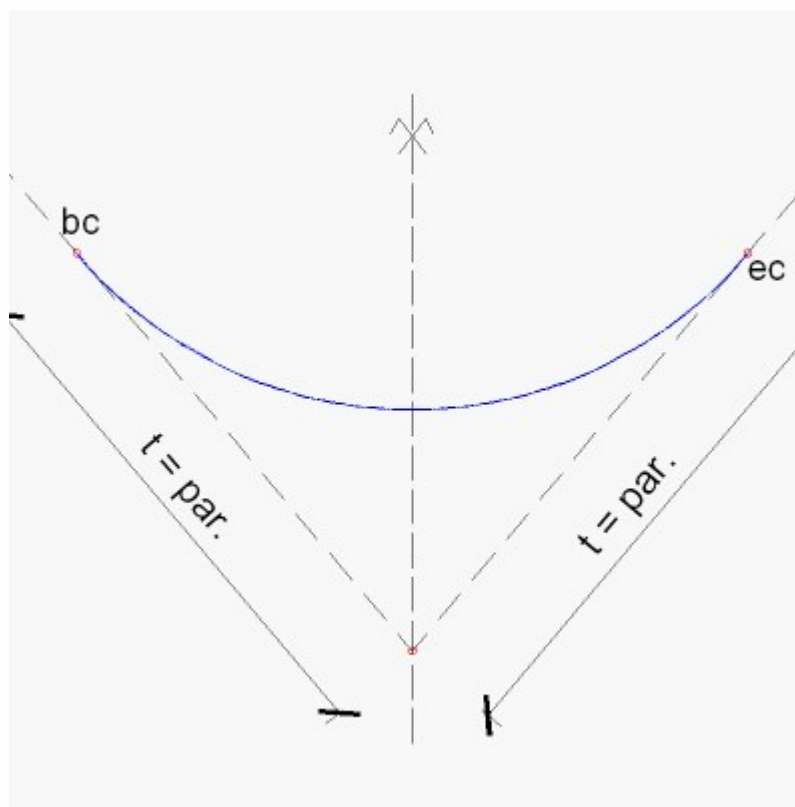
Cirkel + straal

Cirkel; de parameter is de straal van de cirkel, zie Fig. 1 - Cirkel - typen 0 en 1. De straal en twee raaklijnen bepalen de cirkel. De lengte van de raaklijnen wordt automatisch berekend.



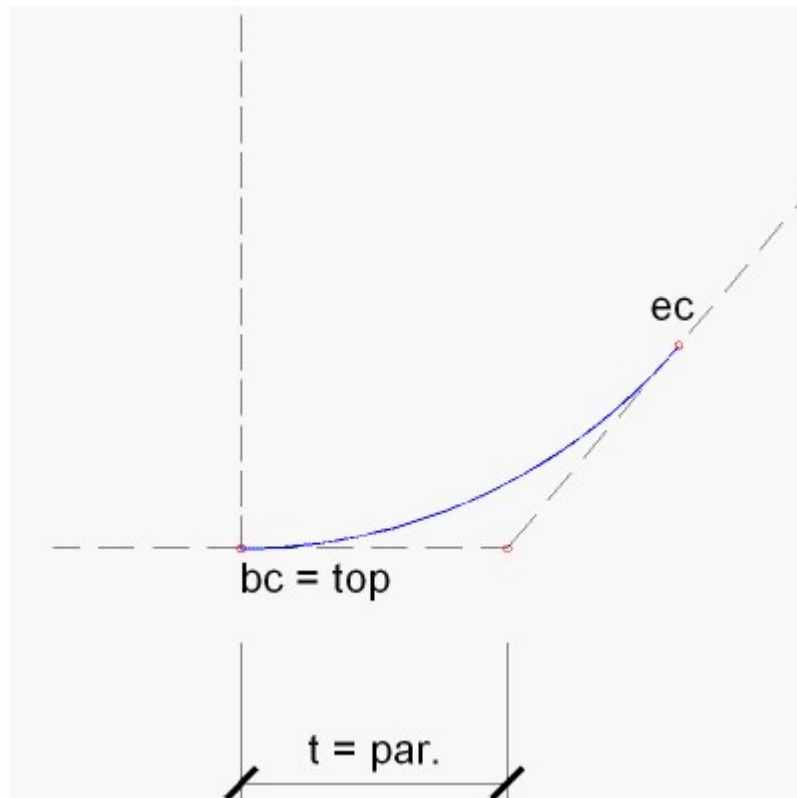
Symmetrische parabool + raaklijn

Parabool; de parameter is de afstand tussen de vertex en het raaklijnpunt (begin of einde van parabool), zie Fig. 2 - Parabool - type 2. De lengte van de raaklijn en de symmetrieas van de parabool bepalen de parabool.



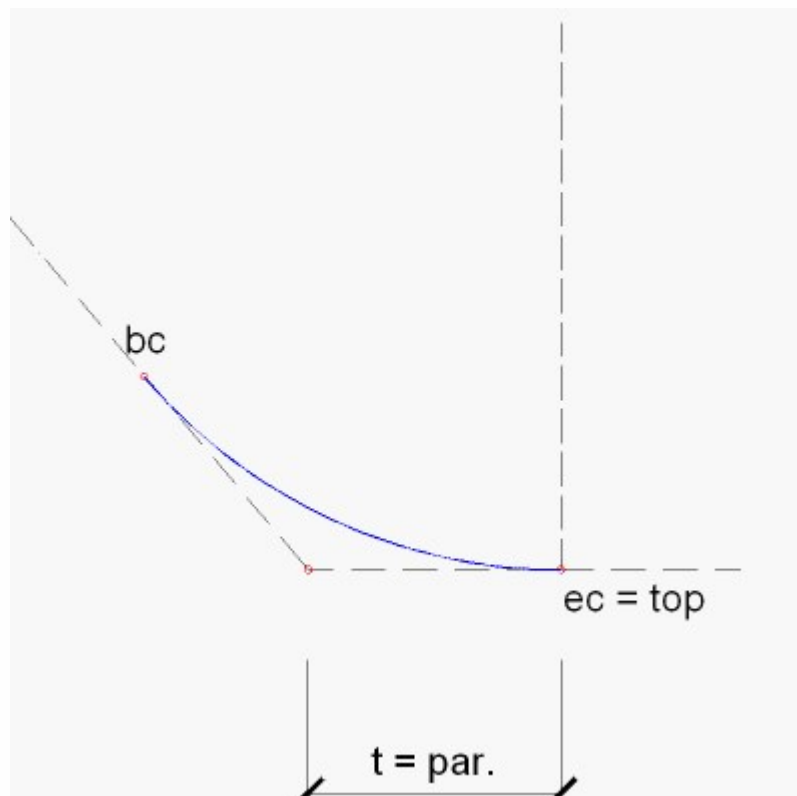
Parabool + raaklijn [begin]

Parabolisch segment met de top van de parabool aan het begin van de kromme; de parameter is de afstand tussen het begin van de kromme (raaklijnpunt aan symmetrieas van parabool) en de vertex van de desbetreffende veelhoek, zie Fig. 3 - Parabool - type 3.



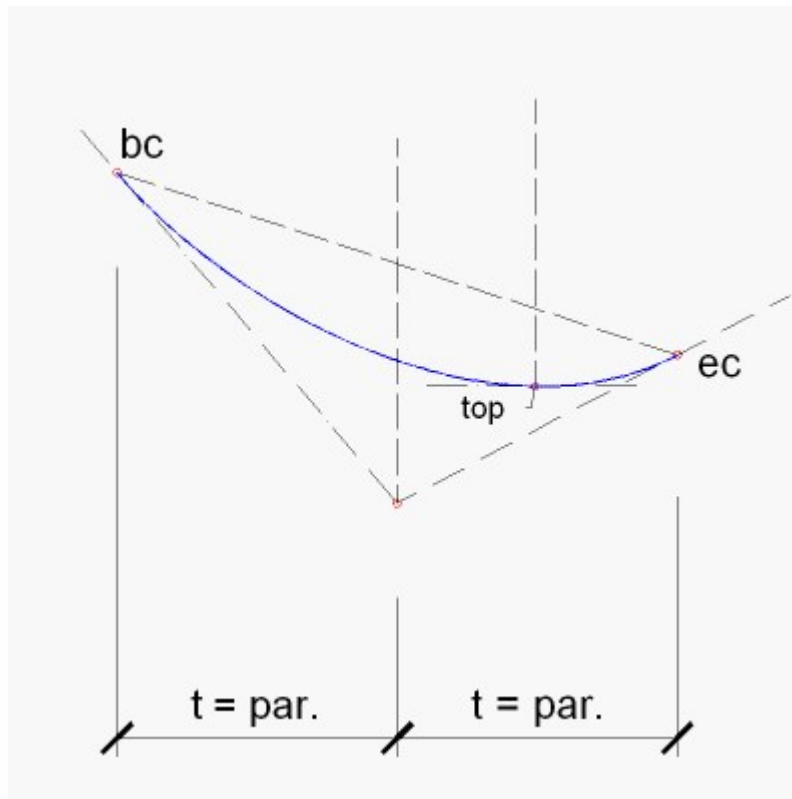
Parabool + raaklijn [einde]

Parabolisch segment met de top van de parabool aan het einde van de kromme. De parameter is de afstand tussen het einde van de kromme (raaklijnpunt aan symmetrieas van parabool) en de vertex van de desbetreffende veelhoek, zie Fig. 4 - Parabool - type 4.



Parabool + verticale as

De parabool met verticale as ten opzichte van macrocoördinatensysteem. De parameter is de projectielengte van de raaklijn in horizontale richting, zie Fig. 5 - Parabool - type 5.



Voor het tweede invoertype is er slechts één optie.

Groep van puntpassen

De punten die zijn gedefinieerd in de tabellen met coördinaten zijn de punten waartussen de kromme van de kabel moet passen. De parameters zijn de raaklijnen van de kromme op die punten.

Als u de parameter de waarde 100 geeft, wordt de kabel direct naar het volgende punt georiënteerd. Als u de parameter de waarde -100 geeft, wordt de kabel terug naar het volgende punt georiënteerd. Dit betekent dat het waardenpaar 100 en -100 een recht deel van de kabel tussen twee punten definieert.

Als de parameter gelijk is aan 1000, gaat het programma ervan uit dat de raaklijn onbekend (willekeurig) is en wordt de raaklijn automatisch berekend.

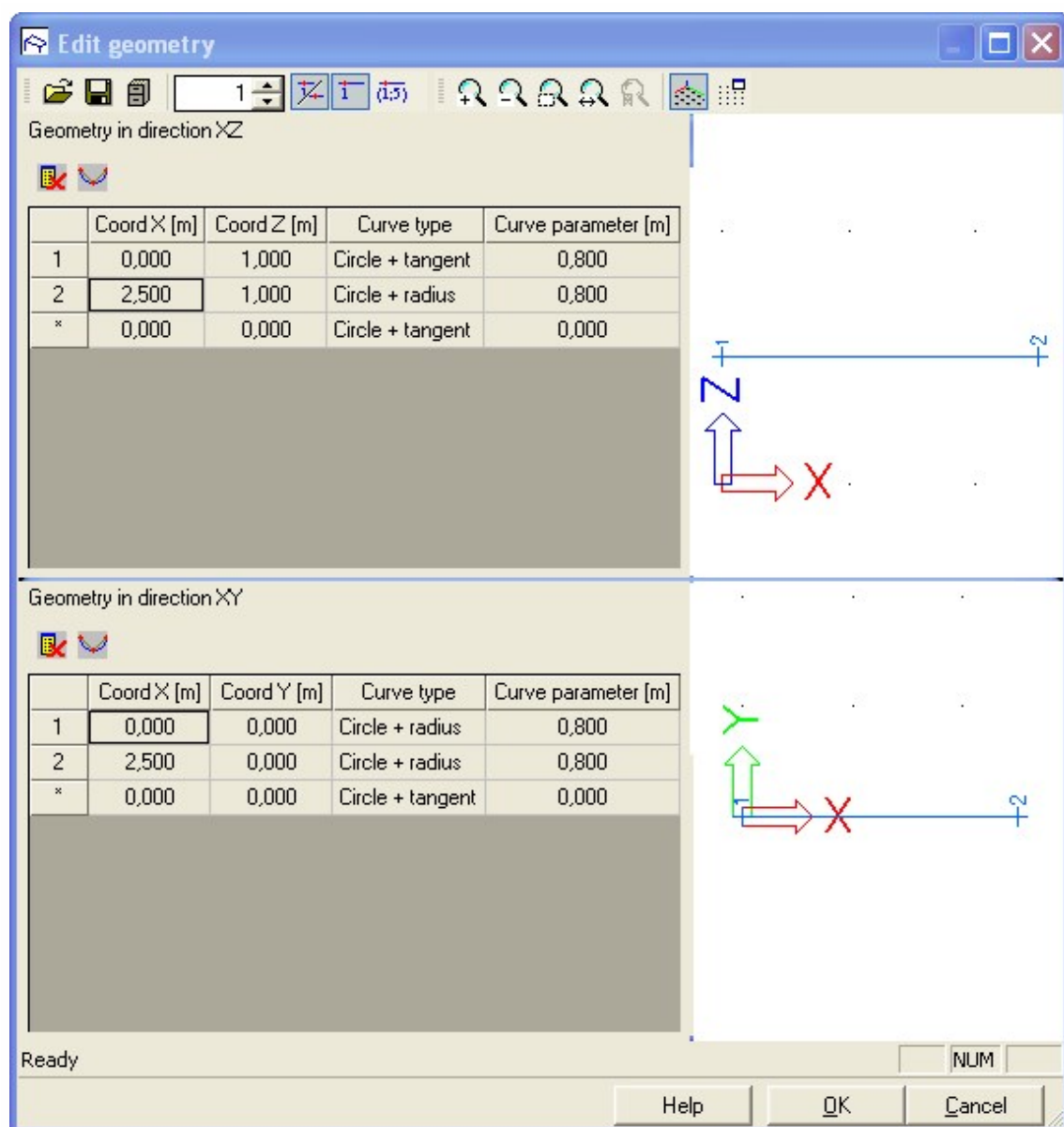
Daarom kunt u de grenzen -1,0 en +1,0 (hoeken van 45°) bepalen voor de parameters van een redelijk kabelprofiel. Bijvoorbeeld: de parameter met de waarde 0,0 is de invoer voor een horizontale raaklijn.

De principes van de algoritme zijn als volgt:

1. De door de gebruiker gedefinieerde raaklijnen worden in acht genomen.
2. Drie opeenvolgende punten met de identieke y (z)-coördinaat worden ingepast door een horizontale rechte lijn.
3. De hoeken van raaklijnen bij ankerpunten en opeenvolgende punten worden berekend (als ze niet door de gebruiker zijn gedefinieerd). Indien mogelijk worden het volledige eerste en laatste segment ingepast op een rechte lijn. Als dat niet mogelijk is, wordt de rechte lijn ingevoegd in de halve lengte van het eerste en laatste segment.

4. Als de afstand van twee opeenvolgende punten aanzienlijk korter is dan de afstanden van de andere punten, wordt een rechte lijn ingevoegd in dit segment.
5. Het verschil tussen de stralen van twee opeenvolgende krommen is minimaal.
6. Het gekromde segment met tegenovergestelde kromming maakt het onmogelijk het deel tussen de rechte lijn en de kromme te verbinden.
7. Als twee raaklijnen elkaar raken in de halve projectielengte van de kromme, wordt een parabool met een verticale as toegepast.
8. In de overige gevallen worden twee parabolen met verticale as toegepast.

Indeling en besturingselementen van het dialoogvenster Bewerken geometrie





Opmerking: De verhoudingen van individuele delen van het bewerkingsvenster zijn bewust verstoord om de afbeelding op één afgedrukte pagina te laten passen.

Toolbar

Importeer van bestand	Importeert de brongeometrie van een extern TXT- of XML-bestand.
Exporteer naar bestand	Exporteert de brongeometrie naar een extern TXT- of XML-bestand.
Importeer uit bibliotheek	Opent de Kabelbrongeometriemanager en biedt u de mogelijkheid een andere kabelbrongeometrie te importeren in de brongeometrie die u momenteel bewerkt.
Verticale schaal	Wijzigt de verticale schaal in de grafische voorbeeld vensters.
Teken vertexlabel	Schakelt de weergave van labels in het grafische voorbeeldvenster voor het XZ-vlak in of uit. Er worden geen labels weergegeven in het grafische voorbeeldvenster voor het XY-vlak.
Teken vertexnummer in label	Als de labels worden weergegeven, wordt het nummer van de vertices afgedrukt.
Teken vertexcoördinaten in labels	Als de labels worden weergegeven, wordt het nummer van de vertexcoördinaten afgedrukt.
Icoonzoomen	De set van vijf standaard zoomfuncties.
Toon / Verberg Puntraster	Toont/verbergt het puntraster.
Puntrasterinstelling	Hiermee kunt u het puntraster aanpassen aan de behoeften van het huidige project.

Invoertabel voor XZ-vlak

Icoon [Verwijder alle knopen]

Met deze opdracht verwijdert u alle knopen in de tabel voor het XZ-vlak.

Icoon [Groep van puntpassen]

Met deze opdracht schakelt u tussen de invoermodi. Zie de paragraaf **Invoertype** hierboven.

Invoertabel

Coördinaat X	De X-coördinaat van de vertex van de brongeometrie.
Coördinaat Z	De Z-coördinaat van de vertex van de brongeometrie.
Krommetype	Het type van de kromme "in" de vertex. Zie de paragraaf Invoertype hierboven.
Krommeparameter	De parameter van de kromme die u in het vorige onderdeel heeft geselecteerd. Zie de paragraaf Invoertype hierboven.

Grafisch voorbeeldvenster

Dit grafische venster geeft het zijaanzicht van de gedefinieerde kabelvorm weer.

U kunt de combinatie "Houd Ctrl+Shift ingedrukt" + "Houd de rechtermuisknop ingedrukt" gebruiken om in of uit te zoomen op de tekening, of de combinatie "Houd Shift ingedrukt" + "Houd de rechtermuisknop ingedrukt" gebruiken om de tekening te verplaatsen in het grafische venster van het dialoogvenster.

Invoertabel voor XY-vlak

Icoon [Verwijder alle knopen]

Met deze opdracht verwijdert u alle knopen in de tabel voor het XY-vlak.

Icoon [Groep van puntpassen]

Met deze opdracht schakelt u tussen de invoermodi. Zie de paragraaf **Invoertype** hierboven.

Invoertabel

Coördinaat X	De X-coördinaat van de vertex van de brongeometrie.
Coördinaat Y	De Y-coördinaat van de vertex van de brongeometrie.
Krommetype	Het type van de kromme "in" de vertex. Zie de paragraaf Invoertype hierboven.
Krommeparameter	De parameter van de kromme die u in het vorige onderdeel heeft geselecteerd. Zie de paragraaf Invoertype hierboven.

Grafisch voorbeeldvenster

Dit grafische venster geeft het bovenaanzicht van de gedefinieerde kabelvorm weer.

U kunt de combinatie "Houd Ctrl+Shift ingedrukt" + "Houd de rechtermuisknop ingedrukt" gebruiken om in of uit te zoomen op de tekening, of de combinatie "Houd Shift ingedrukt" + "Houd de rechtermuisknop ingedrukt" gebruiken om de tekening te verplaatsen in het grafische venster van het dialoogvenster.

Hoofdcontroleknoppen

Met de knop **[OK]** bevestigt u de invoer/wijzigingen in het dialoogvenster en sluit u het venster.

Met de knop **[Annuleren]** annuleert u de invoer/wijzigingen in het dialoogvenster en sluit u het venster.



Opmerking: Het is niet toegestaan om drie opeenvolgende punten op één lijn in te voeren. Met andere woorden, de richting van de kabel moet veranderen in elke invoervertex.

De bestaande kabelbrongeometrie bewerken

De kabelbrongeometrie bewerken in de Kabelbrongeometriemanager

U kunt de bestaande brongeometrie bewerken in de **Kabelbrongeometriemanager**, die u heeft geopend via het boommenu.

Procedure voor het bewerken van de kabelbrongeometrie via het boommenu

1. Open de menuboomtak **Bibliotheek > Naspanning**.
2. Activeer de functie **Kabelbrongeometrie**.
3. De **Kabelbrongeometriemanager** wordt geopend.

4. Selecteer de brongeometrie die moet worden bewerkt.
5. Klik op de knop **[Bewerken]**.
6. Het dialoogvenster **Bewerken geometrie** wordt geopend.
7. Wijzig de vorm van de kabel.
8. Bevestig de wijzigingen met **[OK]**.
9. Sluit de **Kabelbrongeometriemanager**.

U kunt de brongeometrie ook bewerken via de eigenschappentabel van een bestaande kabel.

De kabelbrongeometrie bewerken via de eigenschappentabel van de nage-spannen interne kabel

Procedure voor het bewerken van de kabelbrongeometrie via de eigenschappentabel

1. Selecteer de kabel waarvan u de brongeometrie wilt bewerken (u kunt hier een willekeurige kabel selecteren).
2. De eigenschappen van de geselecteerde kabel worden weergegeven in de eigenschappentabel in het eigenschappenvenster.
3. Klik op de knop met drie puntjes [...] in het onderdeel **Brongeometrie**.
4. De **Kabelbrongeometriemanager** wordt geopend.
5. De brongeometrie van de geselecteerde kabel wordt gemarkeerd in de lijst van beschikbare brongeometrieën.
6. Klik op de knop **[Bewerken]**.
7. Het dialoogvenster **Bewerken geometrie** wordt geopend.
8. Wijzig de vorm van de kabel.
9. Bevestig de wijzigingen met **[OK]**.
10. Sluit de **Kabelbrongeometriemanager**.



Opmerking: Houd er rekening mee dat de kabel die u via de brongeometrie invoert in een staaf, onthoudt dat deze op die manier is gecreëerd. Bovendien behoudt de kabel de koppeling met zijn brongeometrie. Als gevolg daarvan passen alle kabels (Herhaal: Alle) die zijn gebaseerd op deze brongeometrie en al in het constructiemodel zijn ingevoerd, hun vorm dienovereenkomstig aan nadat de brongeometrie is gewijzigd in het dialoogvenster **Bewerken geometrie** en de wijzigingen zijn bevestigd.

Zwevende knopen

1 ZWEVENDE KNOPEN VOOR INTERNE NAGESPANNEN KABELS OP 1D STAVEN

Voorafgaande aan de introductie van zwevende knopen werd de normale projectie op het constructie-element (loodrecht) in sommige gevallen beschouwd als onvoldoende vanwege de problemen met de herberekening van de spanningsbelasting van kabel naar constructie-element. Deze gevallen zijn te zien in de volgende figuren.

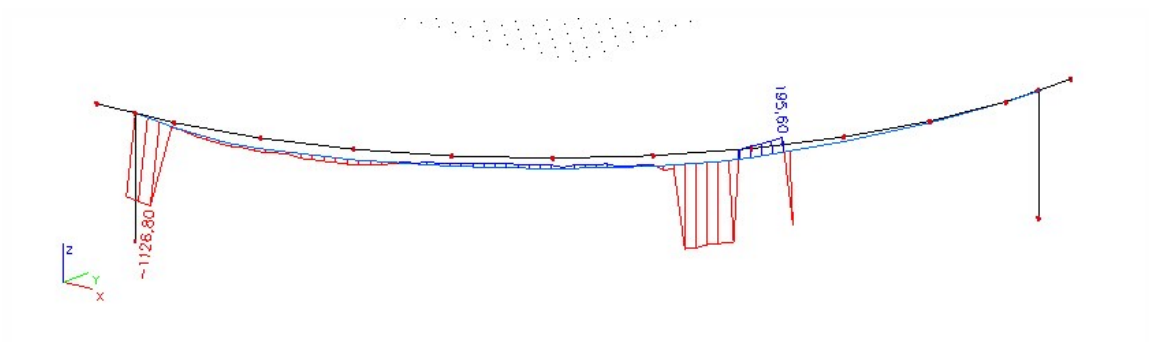


Fig. 1 Normaalkracht van voorspanning in gebogen brug

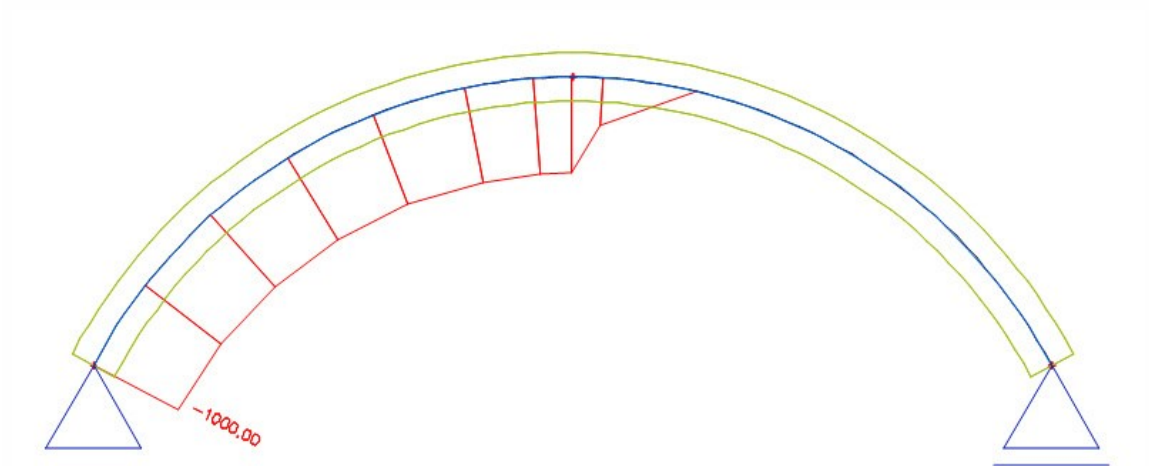


Fig. 2 Normaalkracht - boog

Dit was de reden voor het introduceren van het concept "zwevende knopen". De term "zwevende knopen" wordt gebruikt in de eindige-elementenmethode om de interpretatie van het element op het net te beschrijven. Het net van de kabel en hieraan bevestigde elementen (1D staaf of rib) is onafhankelijk. De kabels worden gemodelleerd als 1D staaf op excentriciteit in het geval zonder gebruik van zwevende knopen. Wanneer zwevende knopen worden gebruikt, wordt de stijfheid van de kabel toegevoegd aan het dichtstbijzijnde netelement volgens het type projectie.

Perpendicular projection - disadvantage

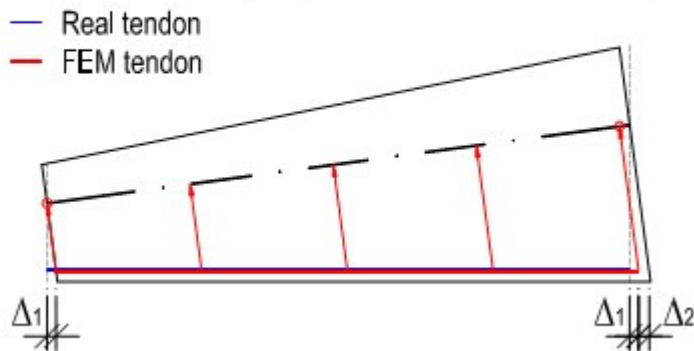


Fig. 3 Echte en EEM-kabel bij loodrechte projectie

Het algemene idee is dat de gebruiker geen model wil bouwen via ingevoegde regels en macro's. De manier van kabel-toewijzing aan 1D staven. Daarom is het concept van "zwevende knopen" voorgesteld. De stijfheid van de kabel (en de last) wordt gedistribueerd naar de afzonderlijke knopen van de 1D staaf of het 2D element. Een soortgelijk concept zou consistent worden geaccepteerd voor 3D volume.

1.1 Type projectie

Er zijn twee mogelijkheden voor kabelprojectie op het constructie-element beschikbaar:

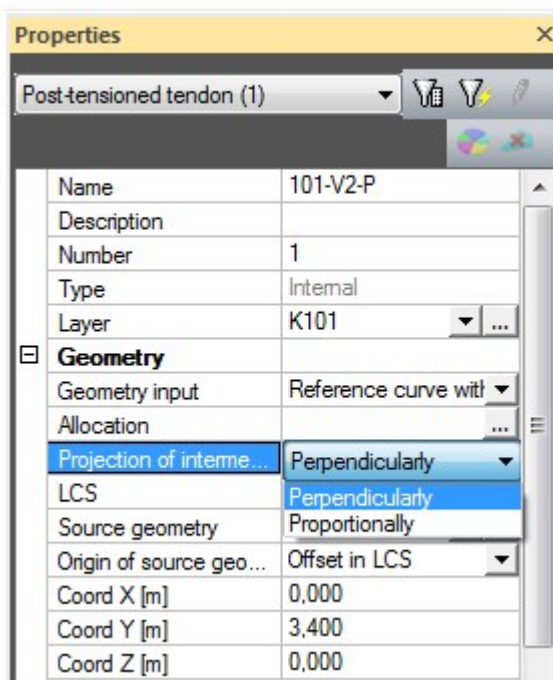


Fig. 4 Twee typen projectie in 1D

1. Loodrechte projectie op het constructie-element

Perpendicular projection

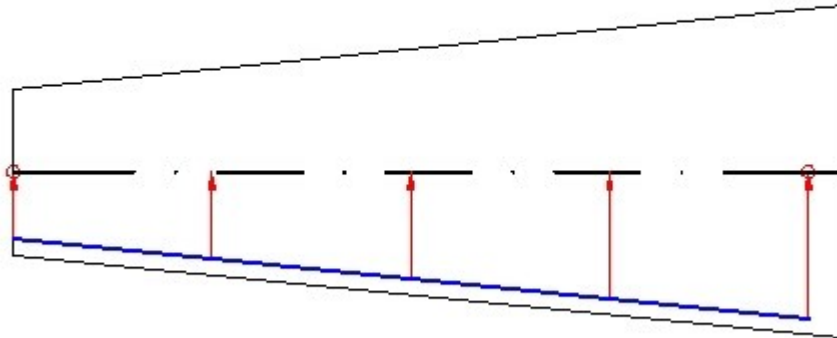


Fig. 5 Loodrechte projectie

2. Proportionele projectie naar gelang van de lengtes van kabel en 1D staaf (of geselecteerde elementen). Interne (zwevende) knopen van eindige kabelelementen worden ook proportioneel gegenereerd.

Proportional projection

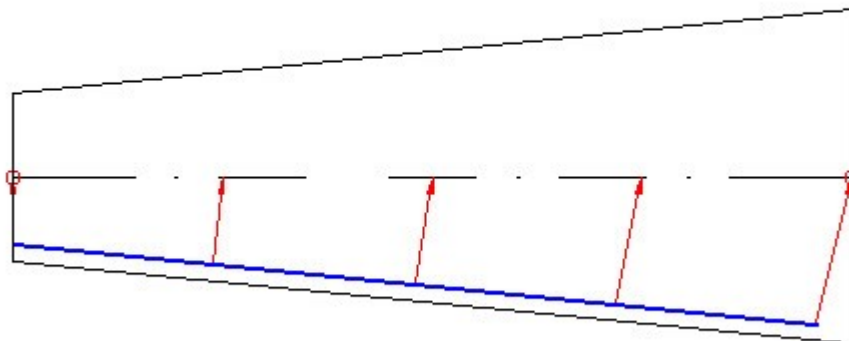


Fig. 6 Proportionele projectie

Dat wil zeggen dat de koppelingen tussen interne punten van de kabel en 1D staaf ook proportioneel zijn. Daarom waren extra functionaliteit en invoergegevens nodig voor de toewijzing:

- a. De selectie van constructie-elementen waaraan de kabel wordt toegewezen, moet worden gedaan op volgorde

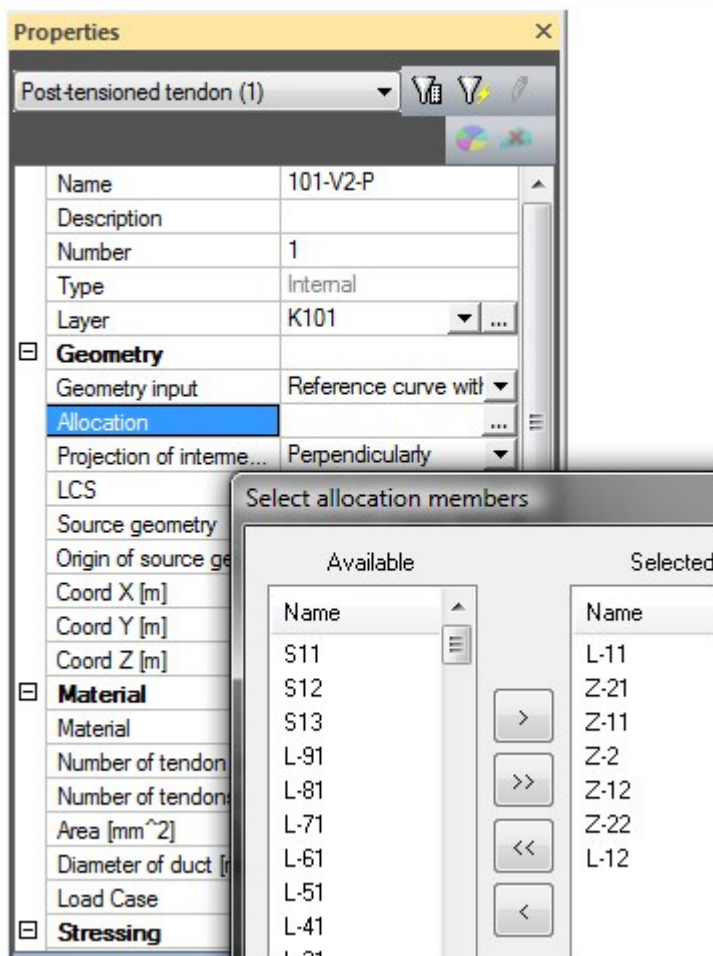


Fig. 7 Toewijzing van element

b. De mogelijkheid om een geselecteerd punt van de kabel vast te zetten op een geselecteerd punt van de 1D staaf. Vervolgens moet het punt op de eerste 1D staaf worden vastgelegd (bijv. door de afstand vanaf het begin) waarop het begin van de kabel wordt vastgezet, en het punt op de laatste 1D staaf waarop het einde van de kabel wordt vastgezet.

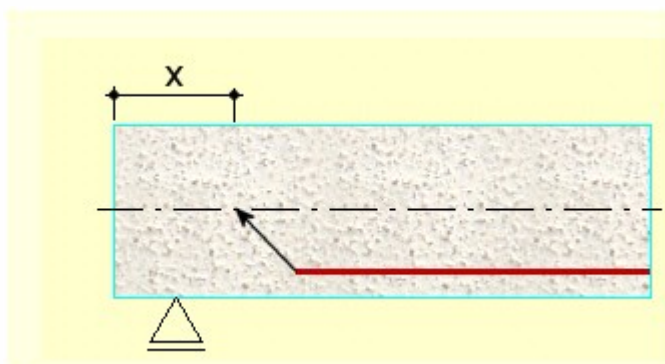
Projectie van tussenliggende punten: deze optie is alleen relevant in het geval van zwevende knopen

- Proportioneel: de gebruiker legt de lengte vast waarop de kabeleffecten worden geprojecteerd

o Manier van locatie: begin

- Eerste knoop: het begin van geprojecteerde kabeleffecten op de staaf is vanaf de eerste knoop van de toegewezen staaf

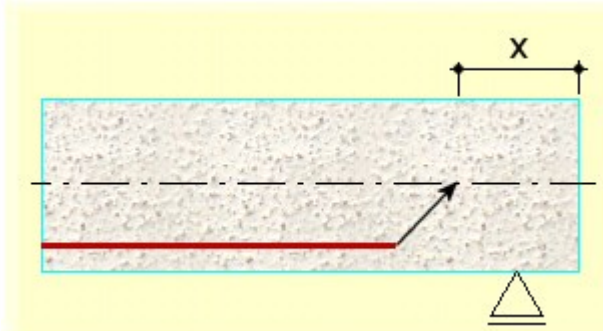
- Locatie: afstand vanaf het begin van de staaf



o Manier van locatie: einde

▪ Laatste knoop: het begin van geprojecteerde kabeleffecten op de staaf is tot aan de laatste knoop van de toegewezen staaf

▪ Locatie: afstand vanaf het einde van de staaf



• Loodrecht: de kabel wordt direct loodrecht op de staven geprojecteerd

1.2 Beperkingen + restricties

1 Bestaande manier van modelleren (met betrekking tot het net, ...) wordt bewaard voor TDA en externe (vrije) ongebonden nagespannen kabels.

2 Optioneel is de mogelijkheid van modelleren met betrekking tot het net ook beschikbaar voor standaard EEM-solver.

3 Dit heeft geen gevolgen voor alle typen presentatie van de resultaten en voorgespannen betoncontroles.

4 De nieuwe manier van modelleren is volledig compatibel met standaard bouwfasen en mobiele lastenanalyse, maar is niet beschikbaar voor TDA-berekening

1.3 Instelling voor het gebruik van zwevende knopen

Het gebruik van zwevende knopen voor 1D staven kan worden ingesteld in de netinstellingen

Mesh setup	
Name	
Mesh	
Minimal distance between two points [m]	0,001
Average number of tiles of 1D element	2
Average size of 2D element/curved element [m]	1,000
1D elements	
Minimal length of beam element [m]	0,050
Maximal length of beam element [m]	5,000
Average size of cables, tendons, elements on subsoil, nonlinear soil spring [m]	1,000
Generation of nodes in connections of beam elements	☒
Generation of nodes under concentrated loads on beam elements	☒
Generation of eccentric elements on members with variable height	☒
Division on haunches and arbitrary members	3
Apply the nodal refinement	No members
Hanging nodes for prestressing	☐

Fig. 8 Instellingen voor zwevende knopen

2 ZWEVENDE KNOPEN VOOR INTERNE NAGESPANNEN KABELS OP 2D ELEMENTEN

Met deze functie kan de gebruiker interne nagespannen kabels rechtstreeks bevestigen aan 2D plaat- en schaalelementen. Een dummy 1D staaf (rib) is niet nodig. Het net van interne nagespannen kabel en hieraan bevestigde 2D elementen kan onafhankelijk zijn.

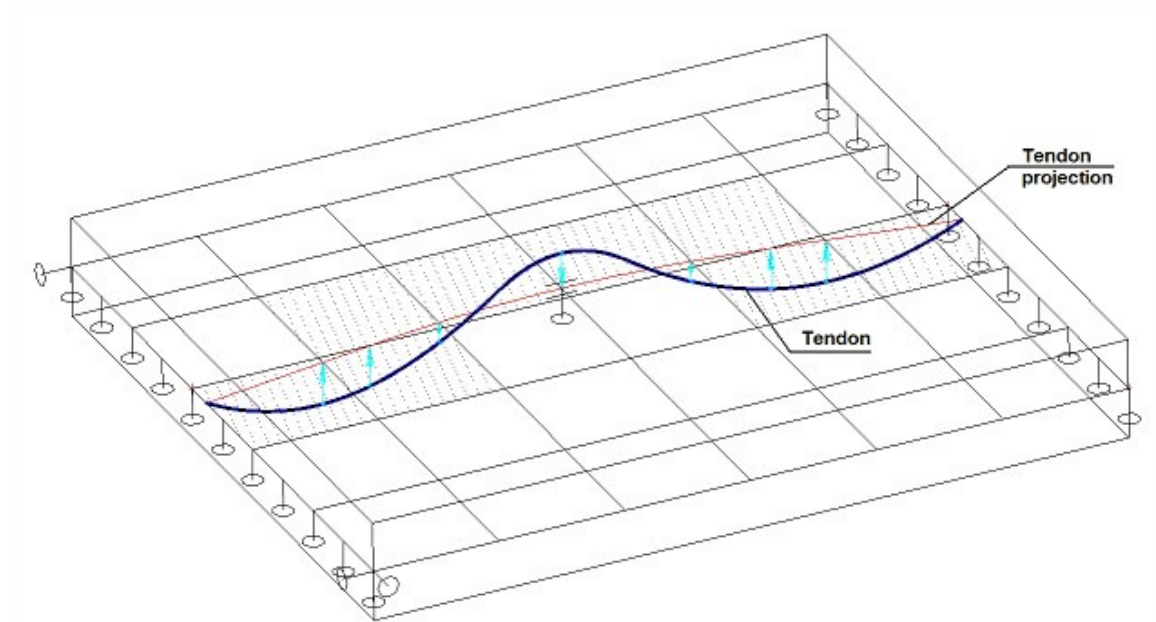


Fig. 9 Kabel gedefinieerd op plaat

2.1 Projectie

Voor kabels die zijn toegewezen aan 1D staven is het mogelijk de kabel loodrecht op de staaf of proportioneel te projecteren. Voor kabels die zijn toegewezen aan 2D elementen (platen) is alleen loodrechte projectie mogelijk.

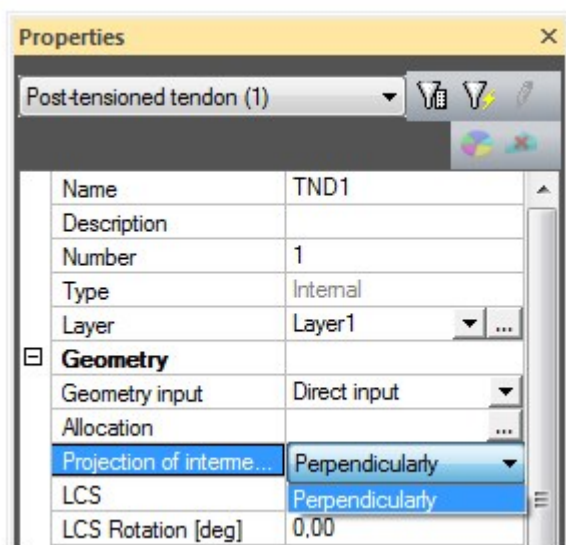


Fig. 10 Alleen proportionele projectie voor 2D elementen

2.2 Kabelinvoer

Kabels kunnen worden toegewezen aan staven of aan platen. De kabelgeometrie op 1D staven: brongeometrie (BG), directe invoer (DI), referentielijn met BG (RLBG). De kabelgeometrie op 2D elementen: DI of RLBG.

- (BG) is mogelijk om alleen de kabel in te voeren op de 1D staaf → selectief filter.
 - (DI) – na geometrie volgt invoer van de kabel op de toewijzing aan de elementen. In de toewijzingslijst staan:
 - o alleen 1D staven = OK
 - o alleen 2D macro = OK + 2D macro's moeten in hetzelfde vlak liggen – de controle wordt uitgevoerd
 - o beide van gebruiker (1D, 2D) = waarschuwing “In toewijzing kunnen 1D staven of 2D elementen zitten”
- Het converteren van de kabelgeometrie van DI in BG is niet mogelijk als de kabel op 2D macro's staat.

2.3 Instelling voor het gebruik van zwevende knopen

Het gebruik van zwevende knopen voor 2D elementen kan worden ingesteld in de netinstellingen

Mesh setup	
Name	
Mesh	
Minimal distance between two points [m]	0,001
Average number of tiles of 1D element	1
Average size of 2D element/curved element [m]	1,000
1D elements	
Minimal length of beam element [m]	0,100
Maximal length of beam element [m]	100,000
Average size of cables, tendons, elements on subsoil, nonlinear soil spring [m]	1,000
Generation of nodes in connections of beam elements	☒
Generation of nodes under concentrated loads on beam elements	☐
Generation of eccentric elements on members with variable height	☐
Division on haunches and arbitrary members	5
Apply the nodal refinement	No member
2D elements	
To generate predefined mesh	☒
To smooth the border of predefined mesh	☐
Maximal out of plane angle of a quadrilateral [mrad]	30,0
Predefined mesh ratio	1,5
Hanging nodes for prestressing	☒

Fig. 11 Instellingen voor zwevende knopen

Parameters van de nagespannen interne kabel

Algemeen

Naam	Specificeert de naam van de kabel.
------	------------------------------------

Omschrijving	In dit veld kunt u desgewenst een korte omschrijving invoeren.
Aantal	Definieert het nummer van de kabel.
Type	(informatieve waarde) Geeft het type van de kabel aan (intern/extern).
Laag	Selecteert de laag van de kabel. Desgewenst kunt u elke kabel aan een andere laag toewijzen.

Geometrie

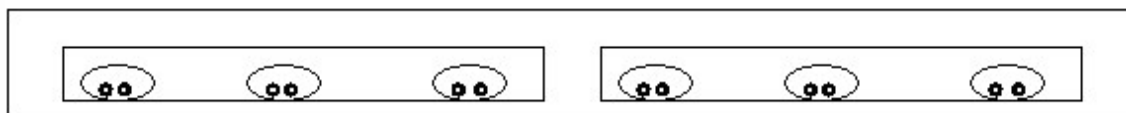
Geometrie-invoer	Selecteert het type geometrie-invoer. Brongeometrie Voor dit type geometrie moet u de vorm van de kabelgeometrie van tevoren definiëren. Vervolgens wordt de vooraf gedefinieerde kabel toegewezen aan de staaf. Indien nodig wordt de vorm van de kabel aangepast aan de vorm van de staaf. De lengte van de kabel wordt niet aangepast aan de lengte van de staaf, maar kan wel worden gebogen om de werkelijke vorm van de staaf te volgen. Dit laatste kan worden gebruikt om de invoer van kabels in gekromde staven te vereenvoudigen. De kabel wordt gedefinieerd door zijn "projectie" in het vlak. Vervolgens wordt deze toegewezen aan de gekromde staaf. De vorm van de kabel wordt zo aangepast dat de lokale x-as van de kabel heel nauwkeurig de lokale x-as van de staaf volgt. Directe invoer Voor dit type geometrie-invoer definieert u de vorm van de kabel direct in het grafische venster dat de staaf bevat die u wilt versterken. Voor het exact definiëren van de benodigde vorm is een extra knoppenbalk toegevoegd boven de commandobalk. Met de knoppen van deze extra knoppenbalk kunt u ronde en parabolische intervallen invoeren. Opmerking: dezelfde knoppenbalk verschijnt ook wanneer u bijvoorbeeld een nieuwe staaf invoert.
LCS	Specificeert de manier waarop het lokale coördinatensysteem van de kabel (y- en z-as) wordt gedefinieerd.
Brongeometrie	(Dit onderdeel is alleen beschikbaar als Geometrie-invoer is ingesteld op Brongeometrie.) Hier moet u de benodigde brongeometrie voor de kabel selecteren. U kunt ook de Kabel-brongeometriemanager openen en een nieuwe brongeometrie invoeren.
Oorsprong van brongeometrie	(Dit onderdeel is alleen beschikbaar als Geometrie-invoer is ingesteld op Brongeometrie.) U moet opgeven waar de oorsprong van de brongeometrie moet worden geplaatst in het model. Met andere woorden, u moet uw kabel in de 3D-ruimte positioneren. De positie wordt gedefinieerd door (i) de afstand vanaf de oorsprong van het lokale coördinatensysteem van de toegewezen staaf of (ii) met de globale coördinaten.
Coörd. X, Y, Z	(Dit onderdeel is alleen beschikbaar als Geometrie-invoer is ingesteld op Brongeometrie.) Deze drie waarden definiëren de positie van de oorsprong van de kabelbrongeometrie. De exacte betekenis is afhankelijk van de wijziging die u in het vorige onderdeel heeft aangebracht.

Materiaal

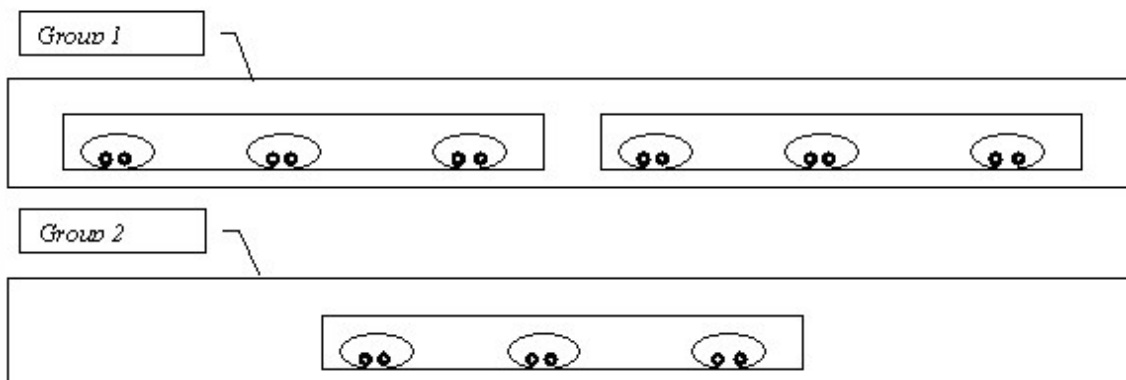
Materiaal	Specificeert het materiaal van de kabel.
Aantal kabel-elementen in kabel	Definieert het aantal draden of strengen in de kabel.
Aantal kabels in groep	Specificeert het aantal identieke kabels (bv. in muren met één of meer doosprofielen, enz.) waaruit een groep bestaat. Zie de afbeelding onder de tabel voor meer informatie.
Oppervlakte	(informatieve waarde) Geeft het doorsnedeoppervlak van de kabel weer.
Diameter van buis	Definieert de diameter van de kabelbuis. De parameter wordt alleen gebruikt voor het testen van de kabelgeometrie.
Toewijzing	Met dit onderdeel opent u een extra dialoogvenster, waarin u de staven kunt selecteren die worden toegewezen aan de kabel. Doorgaans kan meer dan één staaf worden toegewezen per kabel, bv. in het geval van meerdere kortere staven achter elkaar, verstevigd met één lange kabel.
Belastinggeval	U moet een belastinggeval selecteren in een lijst. De lijst bevat alleen de belastinggevallen waarvoor Belastingtype is ingesteld op Voorspanning . De effecten van de kabelvoorspanning worden opgeslagen in dit belastinggeval.

Afbeelding: Kabelgroepen

Example 1: *6 tendons in a group; 2 elements per tendon; 2 units prestressed sequentially (jack stressing three tendons simultaneously)*



Example 2: *6 tendons in group 1, 3 tendons in group 2; 2 elements per tendon; 3 units prestressed sequentially*



Spanning

Manier van voor-	Het type spanning is analoog aan voorgespannen kabels .
-------------------------	---

spannen	
Voorspanning vanaf	Het programma biedt vier opties. Gelijktijdige verankering van beide einden is economisch noch praktisch uitvoerbaar. De opties in de lijst spreken voor zich.
Wrijvingscoëfficiënt in gekromd gedeelte van kabel	De wrijvingscoëfficiënt voor het gekromde gedeelte van de kabel.
Wrijvingscoëfficiënt in recht gedeelte van kabel	(alleen voor CSN/STN-norm) De wrijvingscoëfficiënt voor het rechte gedeelte van de kabel.
Ongewilde hoekverplaatsing	(alleen voor EC2 en NEN) De ongewilde hoekverplaatsing van de kabel.
Wigzetting	Definieert de wigzetting aan het begin van de kabel.
Correctiespanning	Definieert de wigzetting aan het einde van de kabel.
Correctiespanning	Specificeert de duur van het vasthouden van constante spanning tijdens de correctie van relaxatie.
Initiële spanning - begin	De initiële spanning aan het begin van de kabel (vóór verankering).
Kabeloverhang niet opgenomen in constructiemodel - begin	Definieert het deel aan het begin van de kabel waarmee rekening wordt gehouden bij het berekenen van de verliezen, maar niet bij het creëren van het constructiemodel. Dit is nuttig als de staaf (en de kabel) vooruitsteekt tot voorbij het theoretische steunpunt en u dit deel van de constructie niet wilt opnemen in het model, maar u wel correcte verliezen en kabelgeometrie wenst voor export naar een CAD-programma.
Kabeloverhang niet opgenomen in constructiemodel - einde	Analoog aan het vorige onderdeel.
Afstand tussen snedes voor uitvoer	Definieert snedes waar resultaten worden weergegeven.

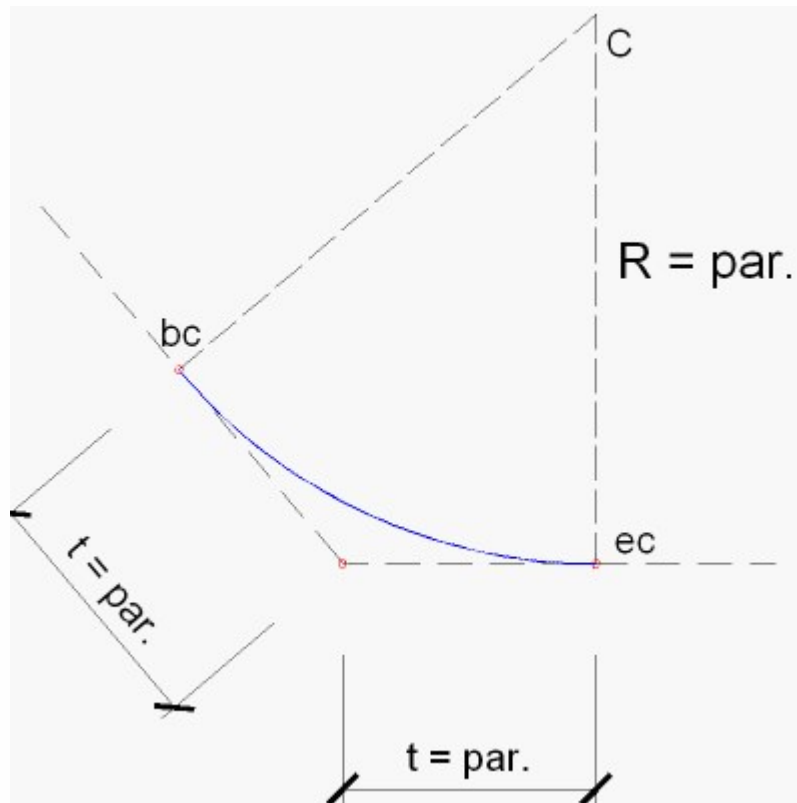
Boog

(Deze onderdelen zijn alleen beschikbaar als **Geometrie-invoer** is ingesteld op **Directe invoer**.)

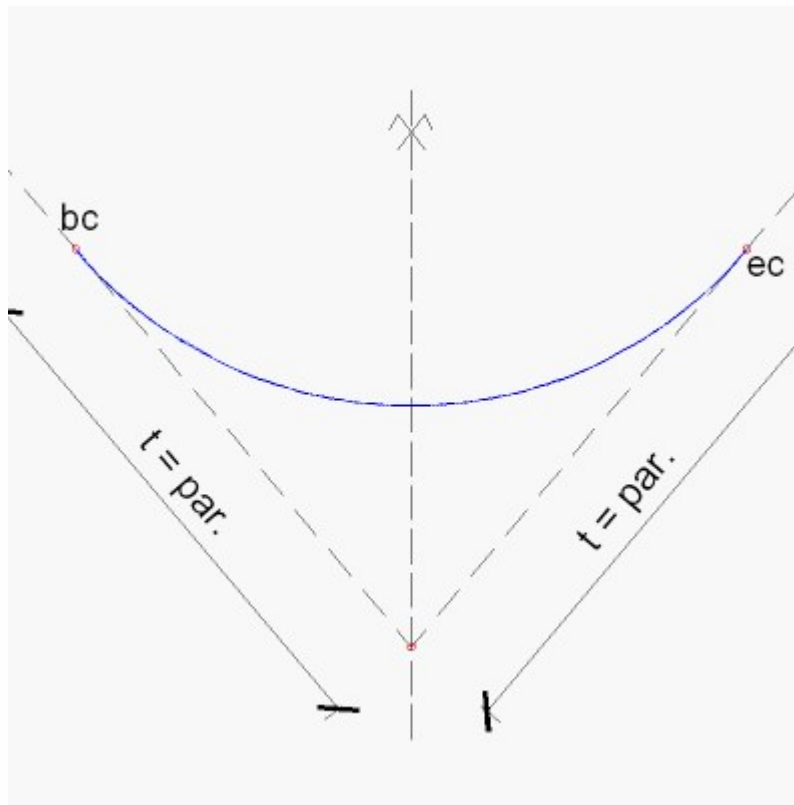
Krommetype	Cirkel + raaklijn Cirkel: de parameter is de afstand tussen de vertex en het raaklijnpunt. Zie de onderstaande afbeelding. Cirkel + straal Cirkel: de parameter is de straal van de cirkel. Zie de onderstaande afbeelding. De straal en twee raaklijnen bepalen de cirkel. De lengte van de raaklijnen wordt automatisch berekend. Symmetrische parabool + raaklijn
-------------------	--

	Parabool: de parameter is de afstand tussen de vertex en het raaklijnpunt (begin of einde van parabool). Zie de onderstaande afbeelding. De lengte van de raaklijn en de symmetrieas van de parabool bepalen de parabool.
Krommeparameter	Hier kunt u de overeenkomstige krommeparameter invoeren.

Afbeelding: Cirkel + raaklijn; Cirkel + straal



Afbeelding: Symmetrische parabool + raaklijn



Een nieuwe nagespannen interne kabel definiëren

Procedure voor het invoeren van een nagespannen interne kabel

1. Open de service **Constructie**.
2. Open de tak **Kabel**.
3. Activeer de functie **Nagespannen interne kabel**.
4. Vul de benodigde [parameters](#) in.
5. Bevestig met **[OK]**.
6. Afhankelijk van het geselecteerde type geometrie-invoer (i) definieert u de toewijzing van de brongeometrie of (ii) voert u rechtstreeks de geometrie van de kabel in.
7. Beëindig de functie.

De bestaande interne kabel bewerken

Als de interne kabel al is gedefinieerd en u een of meer eigenschappen moet wijzigen, gaat u als volgt te werk:

Procedure voor het bewerken van een nagespannen interne kabel

1. Selecteer de kabel die u wilt bewerken.
2. Het eigenschappenvenster toont de eigenschappen.
3. Wijzig alle parameters die u wilt aanpassen.

4. Gebruik indien nodig actieknoppen onder aan het eigenschappenvenster om andere mogelijke wijzigingen uit te voeren (hieronder vindt u een lijst van beschikbare acties).
5. Wanneer u klaar bent, heft u de selectie van de kabel op.

Actieknoppen beschikbaar tijdens het bewerken van een nagespannen interne kabel

Selecteren toewijzing

U kunt de kabel aan een of meer specifieke staven toewijzen met het onderdeel **Toewijzing** in de eigenschappentabel van de kabel (wordt tijdens het bewerken weergegeven in het eigenschappenvenster). Met deze optie (in de eigenschappentabel) wijst u de staaf in een eenvoudige tabel toe.

U kunt ook met de actieknop **Selecteren toewijzing** een interactieve functie starten waarmee u de toegewezen staven rechtstreeks in het grafische venster kunt selecteren.

Bewerken kabelgeometrie

Met deze actieknop start u het bewerken van de kabelvorm rechtstreeks in het grafische venster.

Tabel bewerk geometrie

Met deze knop opent u een dialoogvenster op het scherm. Dit dialoogvenster bevat de tabel met alle vertices van de kabel. U kunt hier de coördinaten en boogtypen inclusief hun parameters wijzigen.

Kabelverliezen

Deze actie is niet uitsluitend een bewerkingssactie en is ook nuttig bij het ontwerpen van de kabel. Met deze actieknop start u de berekening van voorspanningsverliezen en geeft u de resultaten in een apart dialoogvenster weer. Zie hoofdstuk [Voorspanningsverliezen in een interne kabel](#) voor meer informatie.

Berekeningsinfo

Met deze knop opent u een samenvattend rapport met de parameters van de kabel die nodig zijn voor de berekening.

Standaardwaarden

Met deze actieknop stelt u alle kabelparameters in op de standaardwaarden (d.w.z. de waarden die vooraf zijn ingesteld door de ontwikkelaar van het programma).

Voorspanningsverliezen in een interne kabel

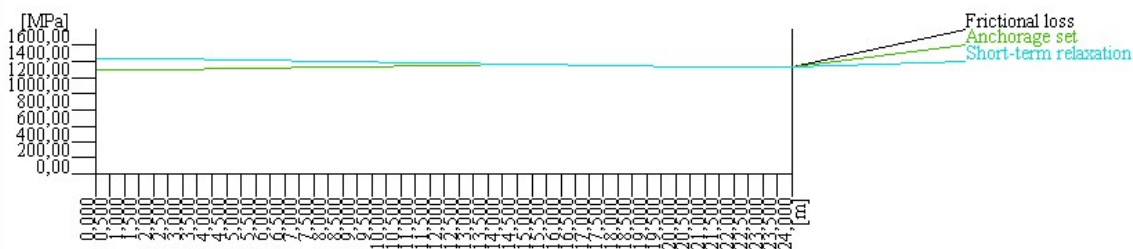
Procedure voor het berekenen van de verliezen

1. Selecteer de kabel die u wilt bewerken.
2. Het eigenschappenvenster toont de eigenschappen.
3. Klik op de actieknop [**Kabelverliezen**] onder aan het eigenschappenvenster.
4. Controleer de resultaten in een apart voorbeeldvenster (zie verderop).

5. Sluit het dialoogvenster.
6. Hef de selectie van de kabel op.

Voorbeeldvenster met berekende kabelverliezen

Het voorbeeldvenster wordt opgedeeld in twee delen. In het eerste deel worden een aantal details van kabelparameters samen met de tabel van resultaten weergegeven. Door gebruik te maken van de knoppenbalk boven aan het venster kunt u alle informatie exporteren naar een bestand (HTML, TXT, PDF, RTF) of direct naar de printer. In het tweede deel wordt een diagram getoond, dat de verdeling van verschillende verliezen over de lengte van de kabel toont. Het is mogelijk de schaal van het diagram of de tekst te veranderen. En het pop-up menu (met de rechtermuisknop klikken) biedt een aantal basisfuncties voor de afbeelding: in-/uitzoomen, afdrukken, kopiëren naar het Klembord of opslaan in een extern bestand.



Parameters van de nagespannen externe kabel

Algemeen

Naam	Specificeert de naam van de kabel.
Omschrijving	In dit veld kunt u desgewenst een korte omschrijving invoeren.
Aantal	Definieert het nummer van de kabel.
Type	(informatieve waarde) Geeft het type van de kabel aan (intern/extern).
Laag	Selecteert de laag van de kabel. Desgewenst kunt u elke kabel aan een andere laag toewijzen.

Materiaal

Materiaal	Specificeert het materiaal van de kabel.
Aantal kabel-elementen in kabel	Definieert het aantal draden of strengen in de kabel.
Aantal kabels in groep	Specificeert het aantal identieke kabels (bv. in muren met één of meer doosprofielen, enz.) waaruit een groep bestaat. Zie de afbeelding onder de tabel voor meer informatie.
Oppervlakte	(informatieve waarde)

	Geeft het doorsnedeoppervlak van de kabel weer.
Belastinggeval	U moet een belastinggeval selecteren in een lijst. De lijst bevat alleen de belastinggevallen waarvoor Belastingtype is ingesteld op Voorspanning . De effecten van de kabelvoorspanning worden opgeslagen in dit belastinggeval.

Spanning

Spanning na verankering	De spanning in de kabel na verankering.
--------------------------------	---

Een nieuwe nagespannen externe kabel definiëren

Procedure voor het invoeren van een nagespannen (vrije) externe kabel

1. Open de service **Constructie**.
2. Open de tak **Kabel**.
3. Activeer de functie **Nagespannen vrije kabel**.
4. Vul de benodigde [parameters](#) in.
5. Bevestig met **[OK]**.
6. Voer de geometrie van de kabel in.
7. Beëindig de functie.

De bestaande externe kabel bewerken

Als de externe kabel al is gedefinieerd en u een of meer eigenschappen moet wijzigen, gaat u als volgt te werk:

Procedure voor het bewerken van een nagespannen externe kabel

1. Selecteer de kabel die u wilt bewerken.
2. Het eigenschappenvenster toont de eigenschappen.
3. Wijzig alle parameters die u wilt aanpassen.
4. Wanneer u klaar bent, heft u de selectie van de kabel op.



Opmerking: er zijn actieknoppen voor dit kabeltype.

De geometrie van een nagespannen externe kabel wijzigen

Voor het wijzigen van de vorm (geometrie) van een externe kabel volgt u de regels voor het wijzigen van een staaf. In termen van geometrie is de externe kabel in feite een staaf. De kabel heeft eindknopen, mogelijk tussenknopen en het "lijf" dat ze verbindt. Dit betekent dat u gewoon de coördinaten van de knopen kunt bewerken, de kabel kunt slepen en neerzetten of een willekeurige functie voor geometrische bewerking kunt activeren.

Resultaten voor nagespannen kabels

De resultaten voor nagespannen kabels kunnen worden weergegeven op dezelfde manier als voor voorgespannen kabels. Zie hoofdstuk [Voorgespannen beton > Resultaten > Kabelspanning](#).