

Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 22 00

TNO-rapport

TNO 2019 R10982

Toetsing van de draagkracht van het Brecon Cassette Panel Systeem beloopbaar plafond

Datum	22 juli 2019
Auteur(s)	Leo van der Knaap
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	39 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Brecon Cleanroom Systems BV T.a.v. dhr. Geerd Jansen Droogdokeneiland 7 5026 SP Tilburg
Projectnaam	Brecon Cassette Panel Systeem beloopbaar plafond
Projectnummer	060.38401/01.17.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2019 TNO

Inhoudsopgave

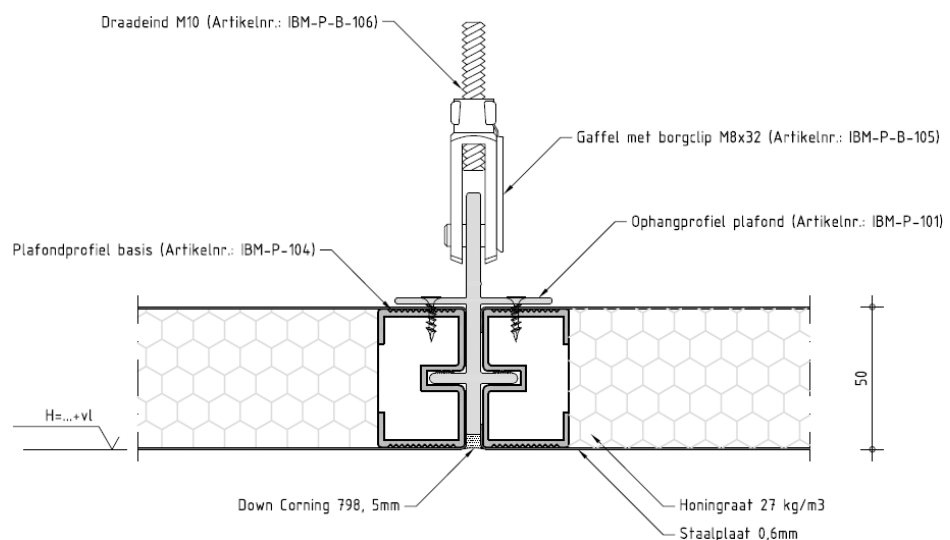
1	Inleiding	3
2	Omschrijving van het BCPS plafondsysteem	4
3	Belastingen	6
4	Algemene eisen aan de constructie	7
4.1	Eisen aan de constructieve veiligheid	7
4.2	Eisen aan het vervormingsgedrag	7
5	Beoordeling van de sterkte van de balkklem	8
5.1	Balkklem type UBC10T	8
5.2	Balkklem type UBC12T	8
6	Statische berekeningen	9
6.1	Trekkracht in de ophangstaaf	10
6.2	Buigend moment in de aluminium profielen	10
6.3	Doorbuiging van de aluminium profielen	12
6.4	Sterkte en stijfheid van de plafondplaat	12
7	Toetsing van de draagkracht.....	14
7.1	Beoordeling van de sterkte van de ophangstaaf	14
7.2	Sterkte van de aluminium profielen	14
7.3	Sterkte van de plafondplaten	16
8	Beoordeling van de vervormingen	17
9	De toepassing van brugconstructies	18
9.1	Beoordeling van de sterkte van ligger Unistrut P5501T	18
9.2	Beoordeling van de trekkracht in de ophangstaven van de brugconstructie.....	19
9.3	Beoordeling van de sterkte van de Kwikstrut QRN M8 schuifmoeren	19
10	Samenvatting en conclusies	20
11	Ondertekening	21
	Bijlage(n)	
	A Onderdelen van de plafondconstructie	
	B Buigtest op de plafondplaat	
	C Trekproeven op balkklem UBC10T	
	D Profieleigenschappen in de statische berekening	
	E Hulpconstructie plafondplaat met uitsparing	

1 Inleiding

Brecon Cleanroom Systems B.V., leverancier van turnkey cleanrooms, te Tilburg heeft TNO te Delft gevraagd een rekenkundige beoordeling uit te voeren van de draagkracht van het Brecon Cassette Panel Systeem (BCPS) beloopbaar plafond.

Het plafondsysteem moet beloopbaar zijn. Doel van de opdracht is om aan te tonen, dat het plafondsysteem veilig toegankelijk is voor personen, die in de ruimte boven het plafond werkzaamheden uitvoeren, zoals inspectie en onderhoud.

De plafondconstructie wordt via ophangstaven aan de draagconstructie van het gebouw bevestigd. In de rekenkundige beoordeling van de plafondconstructie is ten aanzien van het gebruik uitgegaan van de belasting “één persoon + gereedschap” op één plafondmodule van 1,20 m x 2,40 m. Er kunnen meerdere personen gelijktijdig op het plafond aanwezig zijn, mits een onderlinge afstand van tenminste 2,40 m wordt aangehouden. Een kleinere onderlinge afstand is ook veilig, mits tussen beide personen minimaal 2 ophangstaven voor de plafondconstructie aanwezig zijn.



Figuur 1: karakteristieke doorsnede van het BCPS plafondsysteem

Door installaties in de ruimte boven het plafondsysteem is het niet altijd mogelijk om de ophangstaven in het stramien van 1,20 m x 2,40 m aan te brengen. In dat geval kunnen de volgende constructieve oplossingen worden toegepast:

- Verkleinen van de afstand tussen de ophangstaven.
- Toepassing van een brugconstructie tussen het plafond en de hoofdconstructie.

Bij het vaststellen van de belastingen op de plafondconstructie is er vanuit gegaan, dat installaties boven het plafondsysteem niet op de plafondconstructie rusten. Onderdeel van dit uitgangspunt is tevens, dat ophangstaven of brugconstructies voor het plafondsysteem niet worden gebruikt als ondersteuning van installaties boven het plafondsysteem.

2 Omschrijving van het BCPS plafondsysteem

De draagconstructie van het BCPS plafondsysteem is opgebouwd uit zelfdragende plafondplaten, die nabij de hoekpunten aan een bovenliggende constructie worden opgehangen met ophangstaven in een stramien van 1,20 m x 2,40 m. Deze plafondplaten zijn modulaire panelen met een aluminium honingraad kern en een stalen boven- en onderplaat, elk met een dikte van 0,6 mm. Als randafsluiting zijn constructieve aluminium profielen toegepast, met een constructieve lijmverbinding aangesloten op de bovenplaat en de onderplaat. De nominale afmetingen van de 50 mm dikke modulaire panelen zijn 1,20 m x 2,40 m.

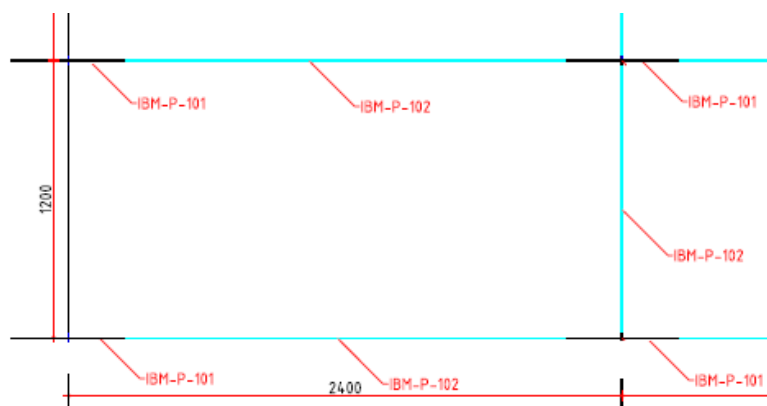
In de aansluiting tussen panelen onderling wordt plafond-tussenprofiel BM-P-102 toegepast, waarmee wordt vermeden dat er lokaal hoogteverschillen (bijvoorbeeld als gevolg van doorbuiging) tussen de plafondplaten optreden.

Bij aansluitpunten van de ophangstaven wordt plafond-ophangprofiel BM-P-101 toegepast, een soort verlengd plafond-tussenprofiel. Dit plafond-ophangprofiel wordt toegepast in de richting evenwijdig aan de lange zijde van de plafondplaten. Dit profiel heeft een lengte van 60 cm en wordt symmetrisch ten opzichte van de aangesloten (4) plafondplaten aangebracht. Globaal in het midden van dit profiel wordt de ophangstaaf naar de bovenliggende constructie bevestigd.

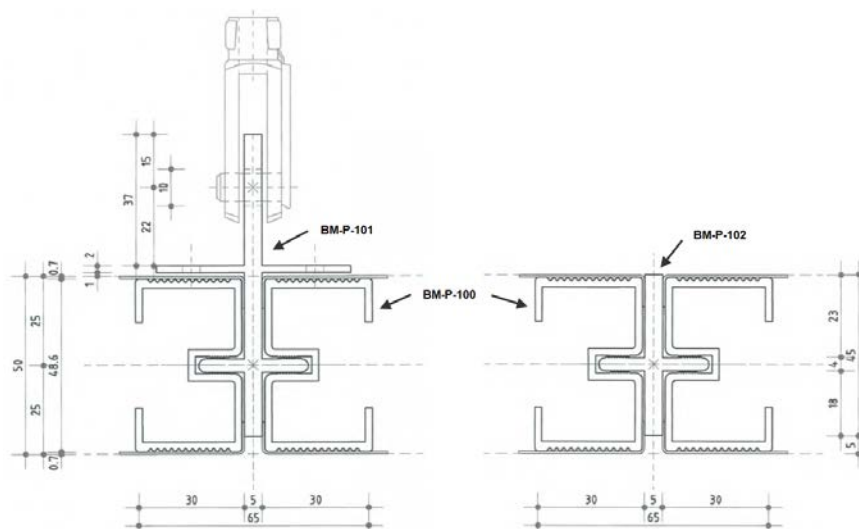
Het plafond-ophangprofiel heeft naast de verbinding aan de ophangstaaf nog de volgende functies:

- Het creëren van een buigstijve verbinding tussen de constructieve aluminium profielen van de aaneengesloten plafondplaten, in de richting evenwijdig aan de lange zijde van de plafondplaat.
- Fixatie van de aangesloten (4) plafondplaten met verticaal geplaatste schroeven. Hiermee wordt het schuiven van onderdelen in het vlak evenwijdig aan de plafondplaten voorkomen.

De positie van de plafond-tussenprofielen en plafond-ophangprofielen in het vlak van het plafond zijn aangegeven in figuur 2. In figuur 3 is een doorsnede van de toegepaste profielen van de plafondconstructie weergegeven.



Figuur 2: positie van de plafond-tussenprofielen "BM-P-102" en plafond-ophangprofielen "BM-P-101" in de stramienmaat van 1,20 m x 2,40 m



Figuur 3: doorsnede van de toegepaste profielen in de plafondconstructie

De plafondliggers worden hart-op-hart 2,40 meter met een draadeind opgehangen aan de draagconstructie van het gebouw. Zo'n draagconstructie is bijvoorbeeld een betonvloer of een repeterend patroon van stalen I-balken. De montage aan I-balken wordt uitgevoerd met balkklemmen, type UBC10T (bij een brugconstructie kan type UBC12T nodig zijn). De verbinding van het draadeind met het aluminium plafond-ophangprofielen wordt uitgevoerd met een gaffelverbinding. Het draadeind is in lengterichting verstelbaar door toepassing van een spanwartel. Om lostrillen te voorkomen, worden alle schroefverbindingen in de lijn van de ophangstaven uitgevoerd met borgmoeren.

De aluminium profielen die in de plafondconstructie worden toegepast zijn geëxtrudeerde aluminium profielen. De volgende aluminium legering zijn gekozen:

- EN AW-6060 T6 voor de aluminium profielen BM-P-100 en BM-P-103 als onderdeel van de sandwich panelen.
- EN AW-6060 T66 voor de hoekprofiel voor de hoekaansluiting tussen de profielen BM-P-100 en BM-P-100 of BM-P-100 en BM-P-103.
- EN AW-6060 T66 voor plafond-ophangprofiel BM-P-101 en plafond-tussenprofiel BM-P-102.

De aluminium hoekprofielen, die inwendig in de modulaire panelen worden aangebracht als verbinding tussen de profielen BM-P-100, worden elk gemonteerd met 8 RVS (A2K) schroeven met een diameter van 4,0 mm. Ter plaatse van de ophangstaven wordt plafond-ophangprofiel BM-P-101 met 4 x 3 RVS (A2K) schroeven met een diameter van 4,0 mm aan bevestigd aan de (4) plafondplaten, die bij het ophangpunt samenkomen.

In het geval er een brugconstructie nodig is, wanneer de beoogde positie van de ophangstaaf wordt onderbroken door bijvoorbeeld installaties, wordt daarvoor het Double Channel systeem van Unistrut toegepast. In dit geval profiel P5501T. De verbinding van de draadeinden M8 wordt daarbij uitgevoerd met zogenaamde Kwikstrut schuifmoeren type QRN M8. Ook bij deze verbindingen worden borgmoeren als beveiliging tegen lostrillen toegepast.

De door de opdrachtgever aangeleverde informatie over de toegepaste profielen en materialen is opgenomen in de bijlagen van dit rapport.

3 Belastingen

De karakteristieke belastingen zijn als volgt bepaald:

- Eigen gewicht van het BCPS plafondsysteem, inclusief installatie, zoals verlichting, filters en sprinkler: 250 N/m².
- Puntlast volgens par. 6.3.4.2 van NEN-EN 1991-1-1: 1,5 kN op een oppervlak van 0,1 m x 0,1 m.
- Lijnlast volgens par. 6.3.4.2 van NEN-EN 1991-1-1: 2 kN/m over een lengte van 1 m.
- Variabele belasting: In de berekening is uitgegaan van de situatie, dat het plafondsysteem niet wordt belast door installaties. De variabele gelijkmatig verdeelde belasting is derhalve op 0 N/m² gesteld (de overdruk, die aan de onderzijde van het plafond permanent wordt aangebracht, hoeft niet in rekening te worden gebracht).
- Stootbelasting (50 kg), volgens 6.3.7 van NEN-EN 1991-1-1.

Bij toepassing van een brugconstructie wordt ook van bovenstaande karakteristieke belastingen uitgegaan.

Bij de beoordeling van de krachten en vervormingen in de constructie wordt er van uitgegaan, dat de onderlinge tussenpuntlasten, resp. lijnlasten ten minste 2,40 m bedraagt.

De beoordeling van bestendigheid van de plafondconstructie tegen een stootbelasting (representatief voor een persoon die valt) is geen onderdeel van de toetsing van draagkracht in dit rapport. Op basis van de statische equivalent van de genormeerde stootbelasting kan niet worden aangetoond, dat het plafondsysteem bestand is tegen de genormeerde stootbelasting. Het is daarom aan te bevelen de bestendigheid tegen een stootbelasting middels experimenteel onderzoek vast te stellen (volgens 6.3.7 van NEN-EN 1991-1-1: zandzak valproef, 50 kg).

4 Algemene eisen aan de constructie

Bij de beoordeling van de sterkte en stijfheid van de profielen en verbindingen van het BCPS plafondsysteem wordt uitgegaan van de volgende uitgangspunten.

4.1 Eisen aan de constructieve veiligheid

1) Uiterste grenstoestand

Gevolgklasse 2 volgens NEN-EN 1990

Belastingfactoren:

- Permanente belasting (eigen gewicht): $\gamma = 1,35$
- Variabele belasting (overige lasten): $\gamma = 1,5$
- Bijzondere belasting (stootbelasting): $\gamma = 1,0$

2) Bruikbaarheidsgrenstoestand

Belastingfactoren:

- Permanente belasting (eigen gewicht): $\gamma = 1,0$
- Variabele belasting (overige lasten): $\gamma = 1,0$

4.2 Eisen aan het vervormingsgedrag

Toelaatbare doorbuiging van de plafondliggers: $0,004 \times L$

5 Beoordeling van de sterkte van de balkklem

5.1 Balkklem type UBC10T

Voor balkklem UBC10T is door leverancier Tyco een toelaatbare belasting van 2,4 kN opgegeven (zie documentatie in bijlage A). Deze grenswaarde mag worden gezien als de toelaatbare belasting in gebruikstoestand (berekend met $\gamma = 1,0$).

De beoordeling van de draagkracht van balkklem UBC10T in de uiterste grenstoestand is gebaseerd op door de leverancier van de balkklem aangeleverde gegevens van een drietal uitgevoerde trekproeven (zie bijlage C). In onderstaande berekening is de rekenwaarde voor de sterkte in de uiterste grenstoestand vastgesteld op $P_r = 4,5$ kN bij toepassing van de balkklem met de voorspanbout aan de bovenkant van de flens.

1. Resultaten van het experimenteel onderzoek:

Proef nr. 1:	$Pu_0 := 10.6 \text{ kN}$	Bezwijkvorm: Type 1	
Proef nr. 2:	$Pu_1 := 10.0 \text{ kN}$	Bezwijkvorm: Type 1	
Proef nr. 3:	$Pu_2 := 9.4 \text{ kN}$	Bezwijkvorm: Type 1	$n := \text{rows}(Pu)$
			$n = 3$

Bezwijkvorm:
Type 1: De sterkte wordt begrensd, doordat de balkklem breekt in combinatie met plastische vervorming (buiging) van de flens van het I-profiel.

2. Bepaling van de rekenwaarde van de sterkte:

De gemiddelde waarde voor de bezwijkbelasting: $\text{mean}(Pu) = 10.0 \text{ kN}$

De standaardafwijking: $Ps := \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (Pu_i - \text{mean}(Pu))^2}$ geeft: $Ps = 0.6 \text{ kN}$

Fractilefactor k voor de schatting van de 5% onderschrijdingskans, waarbij de beschikbare informatie op Bayesiaanse wijze in de kanstoekenning is verwerkt (NEN 6773, par. B.3.4.2):

$k_3 := 3.16$	$k_5 := 2.33$	$k_7 := 2.09$	$k_9 := 1.96$
$k_4 := 2.63$	$k_6 := 2.18$	$k_8 := 2.00$	$k_{10} := 1.92$

Modelfactor voor verbindingen volgens NEN 6770: $\gamma_M := 1.25$

Reductiefactor voor kleine proevenseries, afhankelijk van bezwijkvorm: $\gamma_k := 0.7$
(par.B.3.4.3.1 van NEN 6773)

Karakteristieke waarde voor de sterkte: $P_c := \text{mean}(Pu) - k_n \cdot Ps$ geeft: $P_c = 8.1 \text{ kN}$

Rekenwaarde voor de sterkte: $P_r := \gamma_k \cdot \frac{P_c}{\gamma_M}$ geeft: $P_r = 4.5 \text{ kN}$

5.2 Balkklem type UBC12T

Voor balkklem UBC12T is door leverancier Tyco een toelaatbare belasting van 3,1 kN opgegeven. Deze grenswaarde mag worden gezien als de toelaatbare belasting in gebruikstoestand (berekend met $\gamma = 1,0$).

Bij de beoordeling van de draagkracht van balkklem UBC12T in de uiterste grenstoestand wordt vereenvoudigd en veilig uitgegaan van de sterkte die voor balkklem UBC10T is vastgesteld: $P_r = 4,5$ kN.

6 Statische berekeningen

De plafondconstructie wordt beoordeeld voor de verschillende mogelijke posities van een puntbelasting ten gevolge van één persoon met gereedschap (150 kg). Beoordeling van de draagkracht van de plafondconstructie wordt uitgevoerd voor de volgende aspecten:

- Sterkte van de ophangstaven. Aan de hand van de berekende maximale oplegreactie voor plafondconstructie, wordt de sterkte van de verschillende schakels tussen de plafondconstructie en de draagconstructie van het gebouw beoordeeld.
- Sterkte van de aluminium profielen. Afhankelijk van de positie in de plafondconstructie worden de aluminium profielen meer of minder op buiging belast. De grootte van het buigend moment wordt beïnvloed door stijfheid van de aansluiting bij de steunpunten. De toepassing van een over het steunpunt doorlopend plafond-ophangprofiel BM-P-101 heeft een hoger buigend moment bij de steunpunten tot gevolg, waardoor de draagkracht van de plafondconstructie toeneemt. In een eindveld is het buigend moment veelal het hoogst. In de randen van het plafond is geen sprake van constructieve samenwerking tussen de panelen onderling. Daar wordt voor extra draagkracht een doorlopend plafond-ophangprofiel BM-P-101 als aanvullende voorzieningen toegepast.
- Stijfheid van de aluminium profielen. De beoordeling wordt uitgevoerd aan de hand van de grootste waarde voor de berekende vervorming. Ook voor de vervorming van de plafondconstructie heeft de toepassing van een over het steunpunt doorlopend plafond-ophangprofiel BM-P-101 een gunstige invloed.
- Sterkte en stijfheid van de plafondplaat. Bij de fabrikant van de plafondplaat zijn testen uitgevoerd. De testresultaten zijn door TNO beoordeeld in relatie tot de toepassing in het BCPS plafondsysteem.

In het vervolg van dit hoofdstuk worden de berekening van de (maatgevende) krachten en vervormingen toegelicht. Er worden vier belastingsituaties onderscheiden:

- 1) Middenlocatie
Hier sluiten ophangstaven vier panelen aan. Plafond-ophangprofiel BM-P-101 wordt bij elk steunpunt toegepast over een lengte van minimaal 60 cm. Deze versteviging bij de plaatuiteinden is nodig om te kunnen voldoen aan de doorbuigingseisen.
- 2) Eindveld van een middenlocatie
De laatste overspanning van het plafond, in lengterichting van de plafondplaten, wordt uitgevoerd met plafond-ophangprofiel BM-P-101 in het gehele eindvak met een overspanning van 2,40 m tot minimaal 0,6 m voorbij het steunpunt met het tweede veld. Deze versteviging bij de plaatuiteinden is nodig om te kunnen voldoen aan de doorbuigingseisen.
- 3) Randlocatie
In de randen van het plafond, waar één lange zijde van de plafondplaten NIET direct op een volgende plafondplaat aansluit, is slechts de draagkracht van één profiel BM-P-100 beschikbaar. Daarom wordt de

randlocatie uitgevoerd met een doorlopend plafond-ophangprofiel BM-P-101. De onderbrekingen tussen de lengten plafond-ophangprofielen worden globaal op 0,60 m uit een steunpunt gekozen.

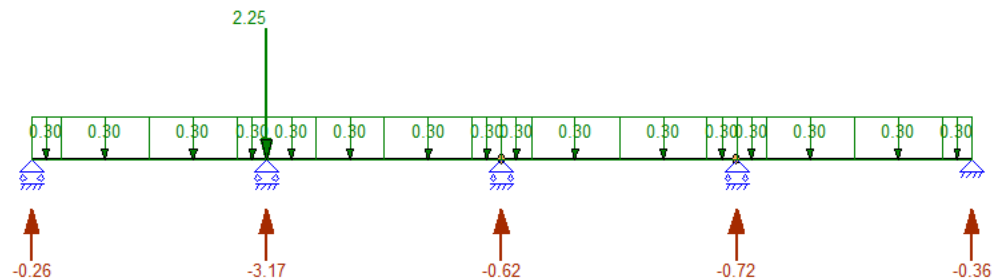
4) Eindveld van een randlocatie

Het eindveld van de randlocatie wordt met dezelfde profielen uitgevoerd als de onder 3) beschreven randlocatie. In het eindveld moet plafond-ophangprofiel BM-P-100 zonder onderbreking doorlopen.

Als alternatief voor de beschreven oplossingen voor versteviging van de randen en eindvelden, kan worden gekozen voor verkleining van de overspanning naar maximaal $2/3 \times 2,40 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$.

6.1 Trekkraft in de ophangstaaf

Uit de berekening met belastingsituatie "Puntlast + eigen gewicht" volgt, dat de rekenwaarde voor de trekkraft in de ophangstaaf 3,17 kN bedraagt. In onderstaande figuur is de berekende maximale oplegreactie weergegeven.



Figuur 4: maatgevende oplegreactie uit de constructieberekening

De maximale belasting is gebaseerd op een buigstijve verbinding boven het steunpunt, tussen de profielen van het eerste en tweede veld. Bij de overige steunpunten is een scharnierende aansluiting van de boven het steunpunt aangenomen.

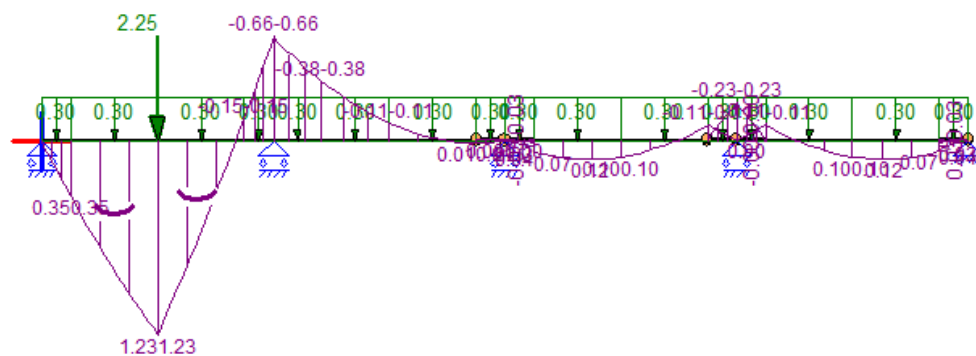
De beoordeling van de sterkte van de verschillende schakels in de ophangstaaf is uitgevoerd in paragraaf 7.1.

Indien een ophangstaaf niet rechtstreeks van ophangpunt in de plafondconstructie naar de draagconstructie van het gebouw kan lopen, wordt er een brugconstructie toegepast. Voor de toepassing van een brugconstructie met Unistrut profielen, zijn constructieberekeningen opgenomen in hoofdstuk 9.

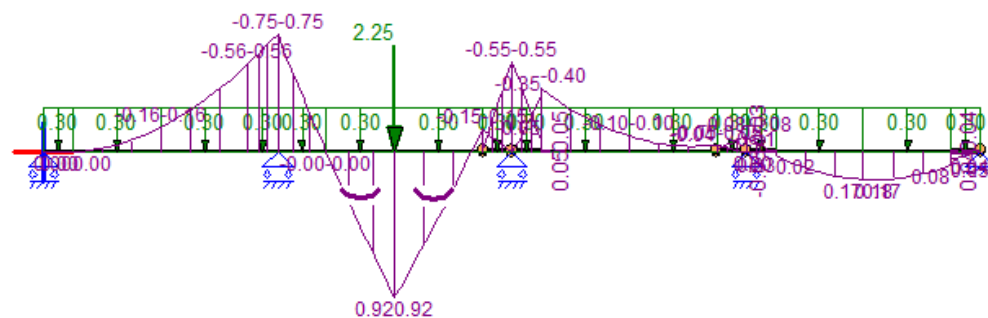
6.2 Buigend moment in de aluminium profielen

De grootte van het buigend in de aluminiumprofielen wordt bepaald door de positie van de puntlast. In de figuren 5 t/m 8 zijn de maatgevende waarden voor het buigend moment in de verschillende doorsneden van de plafondconstructie gegeven.

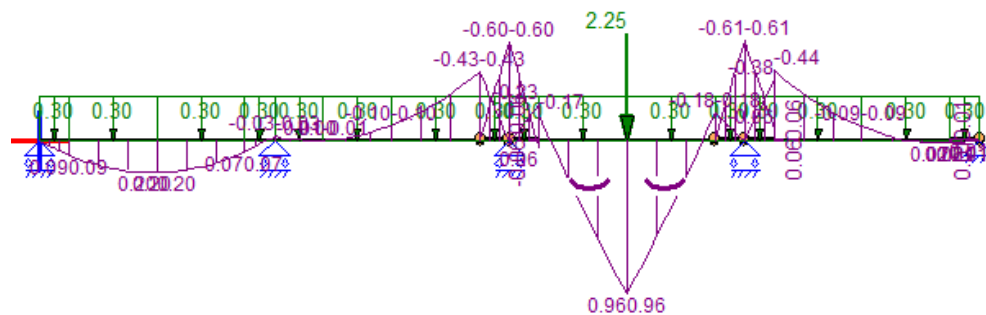
De verschillen tussen het buigend moment in de randen en het buigend moment in de middenlocaties is gering. De beoordeling van de draagkracht wordt uitgevoerd aan de hand van de hoogste berekende waarden.



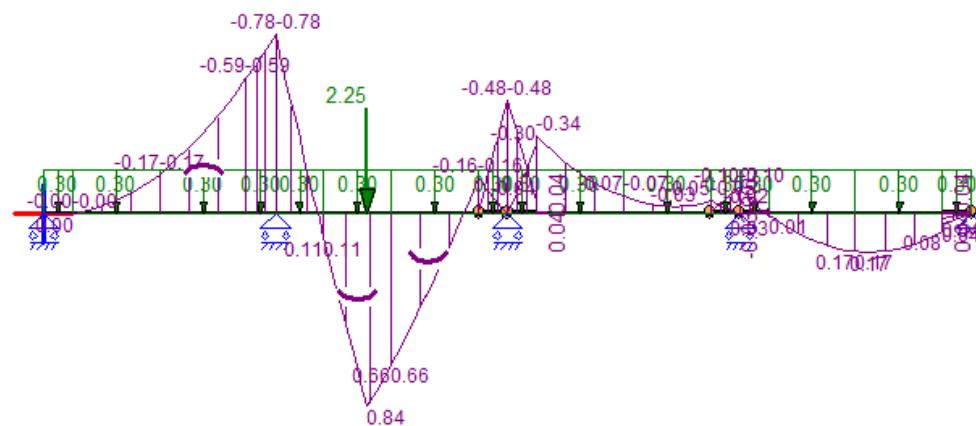
Figuur 5: maatgevend buigend moment in het eindveld: 1230 Nm



Figuur 6: maatgevend buigend moment in het tweede veld: 920 Nm



Figuur 7: maatgevend buigend moment voor de middenvelden: 960 Nm

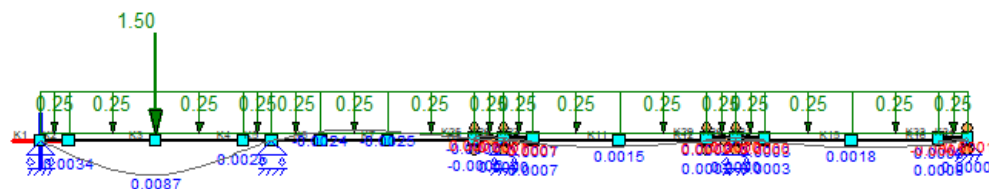


Figuur 8: maatgevend buigend moment ter plaatse van het steunpunt: 780 Nm

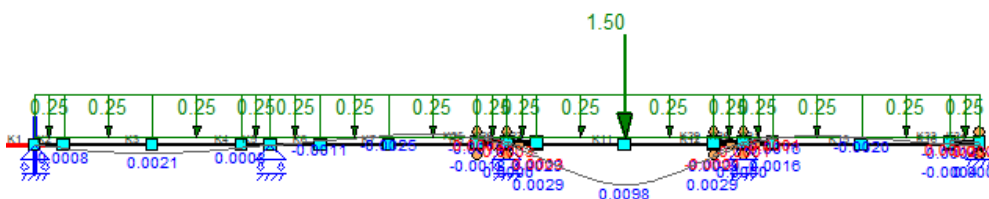
De beoordeling van de sterkte van de toegepaste profielen in de verschillende doorsneden van de plafondconstructie is uitgevoerd in paragraaf 7.2.

6.3 Doorbuiging van de aluminium profielen

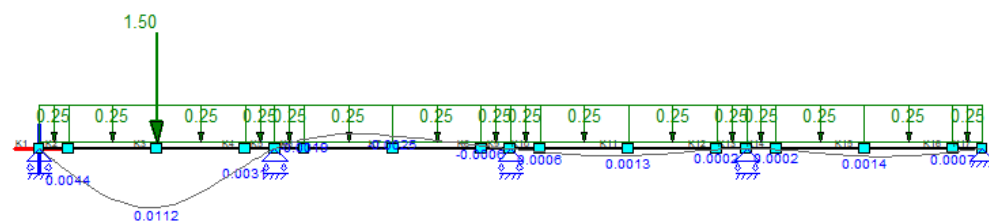
De grootte van de doorbuiging is vooral afhankelijk van de toegepaste aluminium profielen en van de stijfheid van de verbinding van de aluminium profielen in de tussensteunpunten. Hierna zijn de berekende maatgevende waarden voor de randen en midden locaties van de plafondconstructie de berekende waarden voor de doorbuiging gegeven.



Figuur 9: maatgevende doorbuiging in het eindveld: 8,7 mm



Figuur 10: maatgevende doorbuiging in de middenlocaties: 9,8 mm



Figuur 11: maatgevende doorbuiging in het eindveld van de randlocatie: 11,2 mm

De beoordeling van de doorbuiging van de toegepaste profielen in de verschillende doorsneden van de plafondconstructie is uitgevoerd in hoofdstuk 8.

6.4 Sterkte en stijfheid van de plafondplaat

Van de plafondplaten zijn testen uitgevoerd op basis waarvan met een veilige benadering de sterkte- en stijfheidseigenschappen van de plafondplaat zijn vastgesteld. Er is sprake van een veilige benadering, omdat is uitgegaan van 2-zijdige belastingafdracht, uitsluitend naar de lange zijden van de plafondplaat.

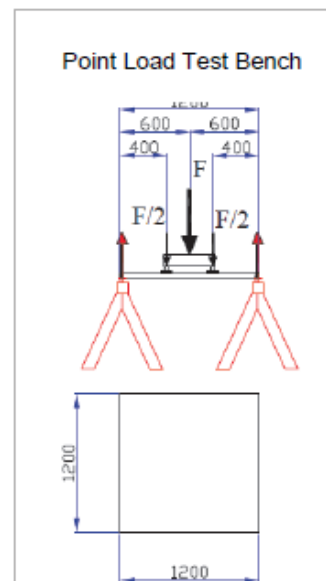
Er zijn 4-punts buigproeven uitgevoerd op plaatsegmenten van 1,20 m x 1,20 m. Uit de testen is gebleken, dat de draagkracht van de plaat wordt beperkt door bezwijken van de kern (aluminium honingraad) of van de lijmverbinding tussen de stalen buitenplaat en aluminium profiel BM-P-100. De hoogte van de dwarskracht is dus maatgevend voor het toepassingsgebied van de plafondplaat.

De draagkracht van de plafondplaat kan worden omschreven als de benodigde plaatbreedte, benodigd voor het afdragen van de rekenwaarde voor de dwarskracht. Uit de proeven volgt, dat voor het opnemen van de belasting ten gevolge van het eigen gewicht van de plaat + puntbelasting van een persoon met

gereedschap, een effectieve plaatbreedte van 193 mm nodig is. De berekening van de effectieve plaatbreedte is opgenomen in bijlage B.



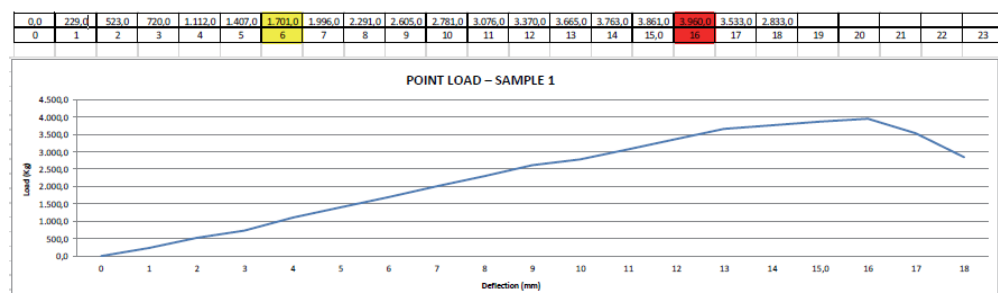
Foto 1: proefopstelling van de 4-punts buigproeven



Figuur 12: maatvoering van de onderdelen in de proefopstelling



Foto 3 en 4: bezwijkvormen van de plaat in de 4-punts buigproeven, links het bezwijken van de kern van de plaat en rechts het bezwijken van de lijmverbinding tussen de stalen buitenplaat en aluminium profiel BM-P-100



Figuur 13: kracht-verplaatsingsdiagram van de 4-punts buigproef op proefstuk 1

7 Toetsing van de draagkracht

7.1 Beoordeling van de sterkte van de ophangstaaf

Voor de schakels in de ophangstaaf tussen de plafondconstructie en de draagconstructie van het gebouw bedraagt de rekenwaarde voor de belasting met betrekking tot de op te nemen trekkracht 3,17 kN (zie paragraaf 6.1). In gebruikstoestand bedraagt de in de ophangstaaf 2,3 kN.

Hierna wordt de sterkte van de verschillende onderdelen gecontroleerd aan de hand van berekening of aan de hand van door de opdrachtgever aangeleverde gegevens over de sterkte-eigenschappen.

- Ophangstaaf draadeind M8 8.8: treksterkte $F_u = 22,6$ kN. Conclusie: $22,6$ kN $>$ $3,2$ kN dus voldoet.
- Balkklem UBC10T volgens testrapport in bijlage C de voor verbinding tussen draadeind M 8 verzinkt en de bovenliggende draagconstructie van het gebouw. Controle van de sterkte bij gebruiksbelasting: $2,3$ kN $>$ $2,4$ kN dus voldoet. Controle van de sterkte in de uiterste grenstoestand: $4,5$ kN $>$ $3,2$ kN dus voldoet.
- Indien een ophangstaaf aan een betonvloer wordt verankerd, moet het toe te passen anker volgens opgave van de leverancier worden gekozen.
- Spanwartel M8: Mits kwaliteit 8.8, komt de sterktecapaciteit overeen met de sterktecapaciteit van draadeind M8 8.8. Er kan ook een andere kwaliteit volgens opgave leverancier worden toegepast (Sommige leveranciers geven alleen de karakteristieke waarde voor de treksterkte op. Dan moet die waarde nog worden omgerekend naar de – lagere – rekenwaarde voor de sterkte).
- Gaffel voor draadeind M8: de sterkte van de gaffel is globaal gelijkwaardig aan de sterkte van draadeind M8 8.8.

Samengevat kan gesteld worden, dat de draagkracht van de ophangstaaf wordt begrensd door de sterkte van balkklem UBC10T. De sterkte van dit onderdeel is juist voldoende voor de plafondconstructie met de stramienmaten $2,40$ m x $1,20$ m.

Om lostrillen van verbindingen te voorkomen, worden de verbindingen uitgevoerd met borgmoeren. De ophangstaven zijn niet beoordeeld om te worden toegepast met en bepaalde schuinstand.

De specificaties van de verschillende schakels in de ophangstaaf zijn opgenomen in bijlage A.

7.2 Sterkte van de aluminium profielen

In de verschillende locaties van het plafondsysteem (steunpunt, middenveld, randlocatie en eindveld) worden verschillende aluminium profielen in combinatie toegepast. Tevens moet er rekening mee worden gehouden, dat ter plaatse van de ophangstaven de profielen BM-P-100 niet doorlopen.

Doordat profiel BM-P-101 een stuk hoger is dan BM-P-100, zullen de spanningen in BM-P-100 nog relatief laag zijn, wanneer de maximale spanning in BM-P-101 al is

bereikt. In de locaties waar het buigend moment door een combinatie van beide profielen wordt opgenomen (randlocaties en eindvakken) draagt profiel BM-P-100 slechts voor 54% effectief bij aan de buigsterkte. In de middenvelden dragen de gecombineerde profielen 100% effectief bij aan de buigsterkte. Boven het steunpunt wordt de buigsterkte volledig geleverd door profiel BM-P-101.

In onderstaande figuur zijn de toelaatbare (elastische) spanningen gegeven voor de beiden toegepaste legeringen (zie hoofdstuk 2). In geval van een combinatie van profielen wordt de laagste waarde voor de 0,2-reksgrens toegepast van de profielen die 100% effectief bijdragen aan de buigsterkte.

In bijlage D is de hierboven beschreven analyse uitgevoerd, resulterend in de effectieve statische eigenschappen voor de uitgevoerde raamwerkberekeningen.

Table 38 — Alloy EN AW-6060 [Al MgSi]

Extruded profile								
Temper	Wall thickness <i>t</i> mm	R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Hardness Typical value HBW
		min.	max.	min.	max.	min.	min.	
T4 °	≤ 25	120	-	60	-	16	14	50
T5	≤ 5	160	-	120	-	8	6	60
	5 < <i>t</i> ≤ 25	140	-	100	-	8	6	60
T6 °	≤ 3	190	-	150	-	8	6	70
	3 < <i>t</i> ≤ 25	170	-	140	-	8	6	70
T64 °d	≤ 15	180	-	120	-	12	10	60
T66 °	≤ 3	215	-	160	-	8	6	75
	3 < <i>t</i> ≤ 25	195	-	150	-	8	6	75

Figuur 14: tabel 38 van NEN-EN 755-2:2013 met materiaaleigenschappen voor de geëxtrudeerde profielen uit aluminium legering EN AW-6060.

In paragraaf 6.2 is voor de verschillende locaties in de plafondconstructie aangegeven wat de maatgevende waarden zijn voor het buigend moment.

Het buigend moment in de middenvelden van de plafondconstructie (met profielcombinatie BM-P-100 plus BM-P-103 plus BM-P-100) bedraagt 960 Nm. De effectieve waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment: $W_x = 9723 \text{ mm}^3$. De bijbehorende toelaatbare spanningen zijn: $\sigma_{0,2} = 150 \text{ N/mm}^2$.

$$\text{Controle: } 960 \text{ Nm} < 9723 \cdot 0,150 = 1458 \text{ Nm} \rightarrow \text{Voldoet}$$

Het buigend moment bij de ophangpunten van de plafondconstructie (met uitsluitend profiel BM-P-101) bedraagt 780 Nm. De waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment: $W_x = 6652 \text{ mm}^3$. De toelaatbare spanningen: $\sigma_{0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$.

$$\text{Controle: } 780 \text{ Nm} < 6651 \cdot 0,160 = 1064 \text{ Nm} \rightarrow \text{Voldoet}$$

Het buigend moment in de eindvelden van de plafondconstructie (randen maatgevend met profielcombinatie BM-P-101 plus 54% van BM-P-100) bedraagt 1230 Nm. De effectieve waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment: $W_x = 8811 \text{ mm}^3$. De toelaatbare spanningen: $\sigma_{0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$.

$$\text{Controle: } 1230 \text{ Nm} < 8811 \cdot 0,160 = 1410 \text{ Nm} \rightarrow \text{Voldoet}$$

7.3 Sterkte van de plafondplaten

In paragraaf 6.4 zijn de resultaten van het door de fabrikant van de plafondplaten uitgevoerde proeven gegeven. Daaruit blijkt, dat er voor het opnemen van de belasting ten gevolge van het eigen gewicht van de plaat + puntbelasting van een persoon met gereedschap, een effectieve plaatbreedte van 193 mm nodig is (de weerstand tegen dwarskracht is maatgevend voor de sterkte).

De effectieve plaatbreedte wordt (conservatief) berekend als de breedte van het aangrijpingspunt van de puntbelasting (100 mm) + een breedtemaat gelijk aan de plaatdikte (50 mm) aan beide zijden van de puntbelasting, dus totaal 200 mm.

Controle: $193 \text{ mm} < 200 \text{ mm} \rightarrow \text{Voldoet}$

In het geval er in plafondplaten uitsparingen worden gemaakt, bijvoorbeeld voor de toepassing van elementen voor verlichting of luchtbehandeling, is er een hulpconstructie nodig, zoals aangegeven in bijlage E.

8 Beoordeling van de vervormingen

Voor de doorbuiging van de aluminium profielen is 0,004 L als bovengrens voor de gebruikssituatie aangenomen: $0,004 * 2400 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$. De berekening van de optredende doorbuiging is beschreven in paragraaf 6.3.

De grootste berekende waarde voor de doorbuiging van de aluminium profielen in de midden-overspanningen van de plafondconstructie met verstevigde steunpunten bedraagt 9,8 mm.

Controle: $9,8 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \rightarrow \text{Voldoet}$

In de verstevigde eindvelden (eindveld = de laatste overspanning van een aaneengesloten rij overspanningen van 2,40 m) bedraagt de grootste berekende waarde voor de doorbuiging van de aluminium profielen 8,7 mm.

Controle: $8,7 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \rightarrow \text{Voldoet}$

Voor de randen (rand = lijn met ophangpunten met éézijdige aansluiting van plafondplaten) van de plafondconstructie is de vervorming in het eindveld maatgevend. Hier bedraagt de grootste berekende waarde voor de doorbuiging van de aluminium profielen 11,2 mm.

Controle: $11,2 \text{ mm} > 10 \text{ mm} \rightarrow \text{Overschrijding toelaatbaar geacht}$

De beoordeling van de vervormingen is geen verplicht onderdeel van de toetsing van de draagkracht van de plafondconstructie. Kennis van het stijfheidsgedrag van de plafondconstructie kan nuttig gebruikt worden bij het overleg over zaken als de toepassing van installaties in het vlak van het plafond of het gevoel van veiligheid bij het lopen over het plafond.

9 De toepassing van brugconstructies

Wanneer de beoogde lijn van een ophangstaaf voor de plafondconstructie wordt onderbroken door bijvoorbeeld installaties, kan een brugconstructie nodig zijn. Bij de beoordeling van de draagkracht van een brugconstructie zijn de belasting en de geometrie ontleend aan de waarnemingen op locatie bij een project van Brecon in aanbouw. In onderstaande figuur zijn deze gegevens weergegeven. De belangrijkste kenmerken zijn:

- Grootste overspanning van de Unistrut ligger P5501T: 2,70 m.
- De hart-op-hartafstand van ophangstaven in de richting loodrecht op de brugconstructie is gemiddeld 1,60 m.

De brugconstructie is effectief opgehangen met 2 ophangstaven aan de hoofd draagconstructie. Een derde steunpunt (oplegging punt 06 in onderstaande figuur) draagt niet bij aan de sterkte van de brugconstructie. Er zal een drukkracht optreden in de ophangstaaf, die als gevolg daarvan zal uitknikken. In de berekening zal dit steunpunt daarom niet worden ingevoerd.



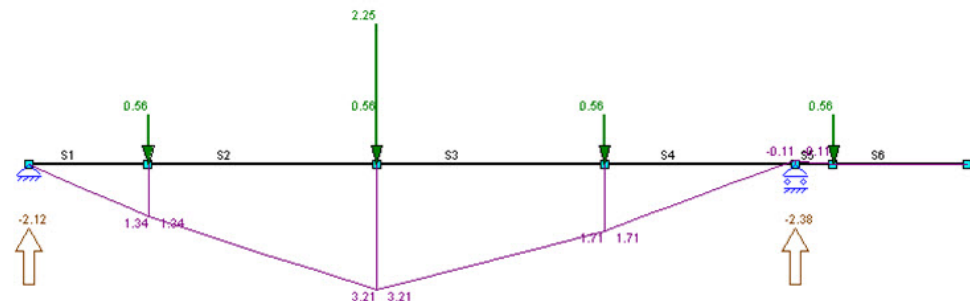
Figuur 15: geometrie van de brugconstructie en belasting door het plafondsysteem

9.1 Beoordeling van de sterkte van ligger Unistrut P5501T

Met een raamwerkberekening is de krachtverdeling in de ligger berekend. Het grootste buigend moment dat in de ligger optreedt bedraagt 3,21 kNm. Uit de gegevens die bij ligger Unistrut P5501T zijn verstrekt, blijkt dat het elastisch weerstandsmoment $W_y = 17,7 \text{ cm}^3$ bedraagt en dat de toelaatbare spanning 175 N/mm² is. De berekende spanningen bedragen $3210/17,7 = 181 \text{ N/mm}^2$.

Controle: $181/175 = 1,03 > 1,00 \rightarrow$ Overschrijding 3% toelaatbaar geacht

Bij de veilige aanname van 175 N/mm² voor de toelaatbare materiaalspanning is een kleine overschrijding van de grenswaarde in de unity check toelaatbaar.

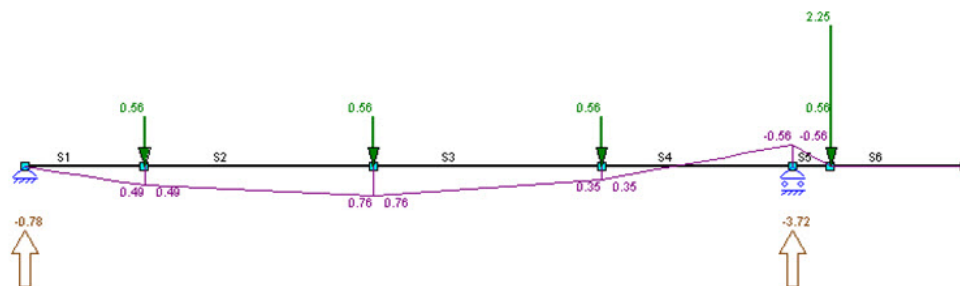


Figuur 16: krachtverdeling (rekenbelasting) in ligger Unistrut P5501T met puntlast (persoon) op het plafond in het veld

9.2 Beoordeling van de trekkracht in de ophangstaven van de brugconstructie

De grootste trekkracht in de ophangstaaf treedt op bij een puntlast op het plafond juist naast een steunpunt. In figuur 17 is gegeven, dat deze trekkracht (rekenwaarde voor de belasting) maximaal 3,72 kN bedraagt. De beoordeling van de sterkte wordt uitgevoerd door vergelijking met de maatgevende schakel balkklem UBC10T in de standaard ophangstaaf.

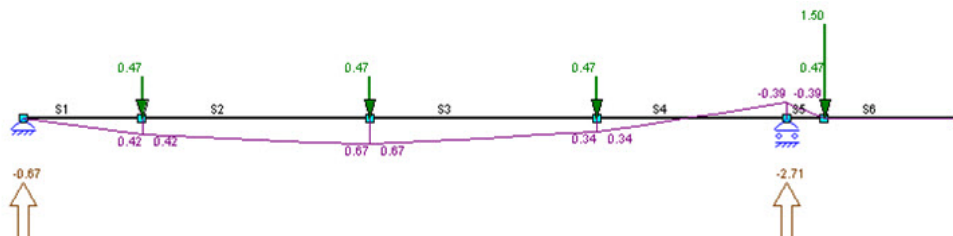
Controle: $3,72 \text{ kN} < 4,5 \text{ kN} \rightarrow$ Voldoet



Figuur 17: oplegreactie (rekenbelasting) in de ophangstaven van de brugconstructie met puntlast (persoon) op het plafond naast het steunpunt

Voor balkklem UBC10T is ook een beoordeling van de sterkte bij gebruiksbelasting vereist. Voor deze situatie is een trekkracht in de ophangstaaf van 2,71 kN berekend. Zie figuur 18.

Controle: $2,71 \text{ kN} > 2,4 \text{ kN} \rightarrow$ Voldoet niet met balkklem UBC10T



Figuur 18: analoog aan figuur 17: oplegreacties bij gebruiksbelasting

Conclusie: Voor de ophanging van de brugconstructie met balkklemmen is een sterker type balkklem nodig. Het type dat daarvoor bij betreffend brugconstructie wordt toegepast is balkklem UBC12T met een door leverancier Tyco opgegeven toelaatbare belasting van 3,1 kN (gebruiksbelasting).

Controle: $2,71 \text{ kN} < 3,1 \text{ kN} \rightarrow$ Voldoet wel met balkklem UBC12T

9.3 Beoordeling van de sterkte van de Kwikstrut QRN M8 schuifmoeren

Voor de verbinding van de draadeinden M 8 aan de brugconstructie met Unistrut ligger P5501T worden schuifmoeren Kwikstrut QRN M8 toegepast, waarvoor door de leverancier een toelaatbare belasting in de richting loodrecht op de ligger van 5,0 kN is opgegeven. De maatgevende belasting treedt op in boven beschreven brugconstructie, trekkracht 3,72 kN (rekenbelasting).

Controle: $3,72 \text{ kN} < 5,0 \text{ kN} \rightarrow$ Voldoet

10 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Brecon Cleanroom Systems B.V., leverancier van turnkey cleanrooms, te Tilburg is door TNO te Delft een rekenkundige beoordeling uitgevoerd van de draagkracht van het Brecon Cassette Panel Systeem (BCPS) beloopbaar plafond.

Deze plafondplaten zijn modulaire panelen met een aluminium honingraad kern en een stalen boven- en onderplaat. Als randafsluiting zijn constructieve aluminium profielen toegepast, met een constructieve lijmverbinding aangesloten op de bovenplaat en de onderplaat.

Het BCPS plafondsysteem is beperkt voor personen toegankelijk, uitsluitend voor werkzaamheden, zoals inspectie en onderhoud. Er kunnen meerdere personen gelijktijdig op het plafond werkzaam zijn, mits een onderlinge afstand van tenminste 2,40 m is aangehouden. Een kleinere onderlinge afstand is ook veilig, mits tussen beide personen minimaal 2 ophangstaven voor de plafondconstructie aanwezig zijn.

In de constructieberekening is de bij dit gebruik behorende belasting gemodelleerd als het gewicht ten gevolge van "één persoon + gereedschapskist", dit in overeenstemming met par. 6.3.4.2 van NEN-EN 1991-1-1. De maatgevende belasting voor de plafondconstructie is een puntlastbelasting van 1,5 kN op een oppervlak van 0,1 m x 0,1 m. De belastingfactoren voor de toetsing van de constructie in de uiterste grenstoestand zijn aangenomen in overeenstemming met gevolgklasse CC2 volgens NEN-EN 1990.

De toepassing van plafond-tussenprofiel BM-P102 tussen de plafondplaten, levert een vlakke bovenzijde van de vloer. Op bepaalde punten is echter het hogere plafond-ophangprofiel BM-P-101 nodig:

- Voor aansluiting van de ophangstaven, waar de hoekpunten van 4 panelen samenkomen. Plafond-ophangprofiel BM-P-101 wordt hier in lengterichting van de plafondplaten toegepast met een minimale lengte van 60 cm.
- In de eindvelden, één doorlopend profiel tot 60 cm in het 2^e veld.
- In de randen, waar ten opzichte van een rij ophangpunten aan één kant plafondplaten aansluiten.

De samenhang tussen de onderdelen van het plafondsysteem wordt verkregen door de verticaal gemonteerde RVS schroeven, waarmee plafond-ophangprofiel BM-P-101 aan profiel BM-P-100 in de plafondplaat wordt gemonteerd.

Wanneer de beoogde lijn van een ophangstaaf voor de plafondconstructie wordt onderbroken door bijvoorbeeld installaties, kan een brugconstructie worden toegepast. Zo'n brugconstructies kan niet tevens worden gebruikt als ondersteuning van installaties boven het plafondsysteem.

De draagkracht van de profielen van de plafondconstructie is beoordeeld aan de hand van NEN-EN 1999-1-1. Met deze toetsing aan de norm is aangetoond, dat de draagkracht van de plafondconstructie voldoet voor het beschreven toepassingsgebied, mits de aangegeven verstevigingen met plafond-ophangprofiel BM-P-101 worden toegepast. In dat geval wordt tevens voldaan aan de gestelde vervormings-eis volgens NEN-EN 1990.

11 Ondertekening

Delft, 22 juli 2019

TNO

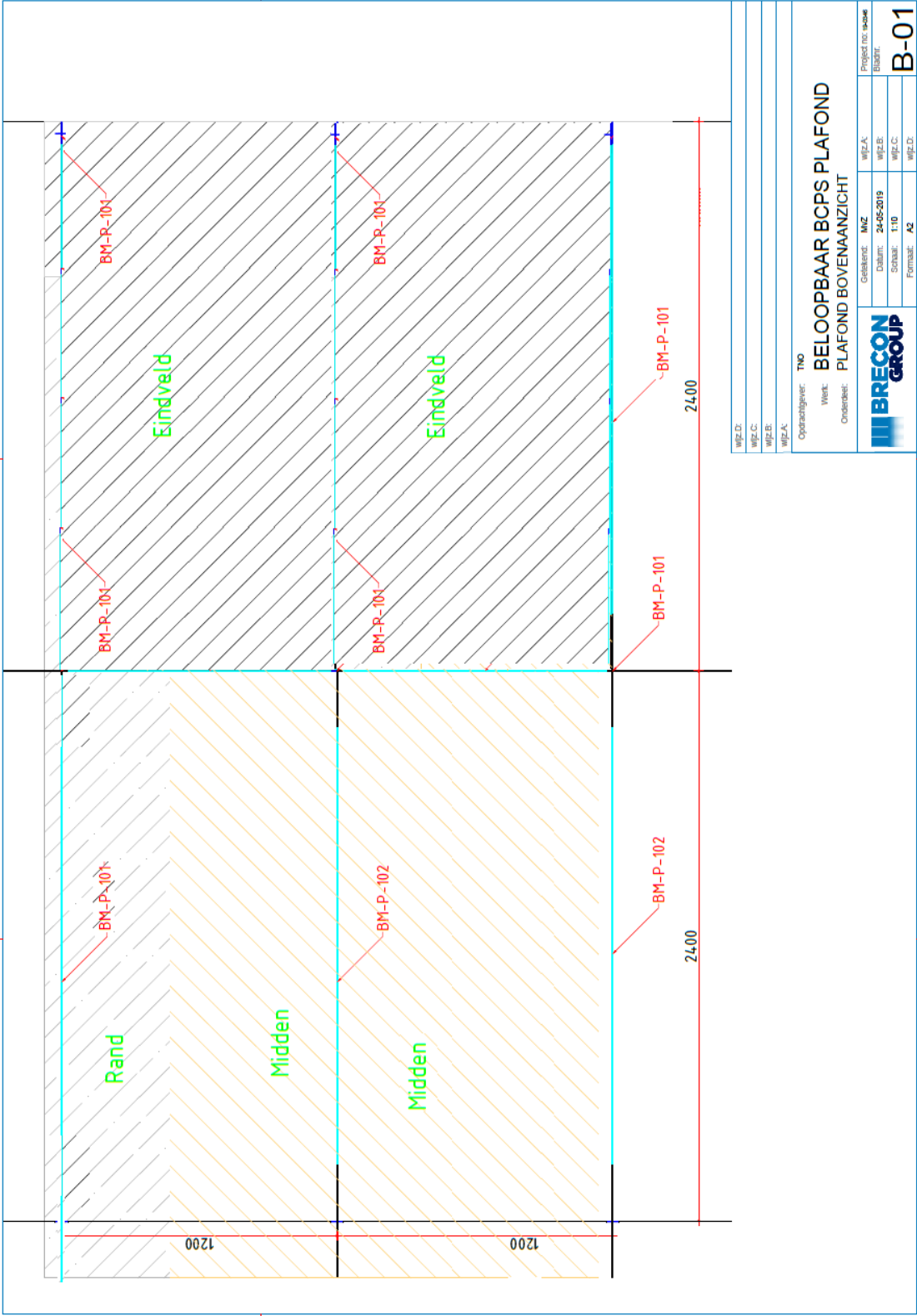
A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final flourish.

Ir. A.C. (Nancy) Westerlaken
Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, starting with a large 'K' and ending with a horizontal line.

Leo van der Knaap
Auteur

A Onderdelen van de plafondconstructie

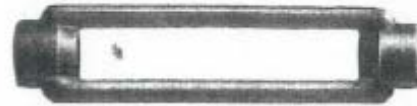


Spannschloßmuttern DIN 1480

Ausführung: roh oder galvan-verzinkt

Turnbuckle Frame DIN 1480

finish: bright or galvanized



Artikel-Nr. schwarz	Artikel-Nr. verzinkt	Gewinde	Schloß- länge	Nachstell- barkeit	Abmessungen							
Number bright	Number galvanized	Thread	Length	Adjust- able	Dimensions							
		d ₁	L ₁		d ₂	e	f	h	m ₁	m ₂		%/kg
			mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm		
3300006S	3300006V	M 6	110	80	12	19	9	6	12	6		5,5
3300008S	3300008V	M 8	110	75	15	23	11	8	15	8		9,5
3300010S	3300010V	M 10	125	85	18	30	14	9	18	9		15,5
3300012S	3300012V	M 12	125	80	21	34	16	11	21	11		20,5
3300014S	3300014V	M 14	140	90	25	38	18	10	24	9		31
3300016S	3300016V	M 16	170	110	27	42	20	14	27	14		42
3300020S	3300020V	M 20	200	130	34	52	24	17	34	17		74
3300022S	3300022V	M 22	220	145	36	57	26	16	37	15		95
3300024S	3300024V	M 24	255	170	39	60	28	20	39	20		130
3300030S	3300030V	M 30	255	160	45	74	34	23	45	23		180
3300036S	3300036V	M 36	295	180	55	86	40	28	55	28		310
3300042S	3300042V	M 42	330	200	63	104	50	32	63	32		556
3300048S	3300048V	M 48	355	195	80	135	65	40	78	39		975

Technische Lieferbedingungen nach DIN 267

Werkstoff: Stahl mit mindestens 330 N/mm² (34 kp/mm²) Zugfestigkeit

Stahl mit höheren Festigkeiten oder bestimmte Werkstoffe (z. B. CK 45 N/C 22.8 N mit Werkprüfzeugnis) auf Anfrage

Ausführung: im Gesenk geschmiedet, zulässige Abweichungen nach Schmiedegüte F DIN 7526**Gewinde:** metrisches ISO-Gewinde DIN 13

Indication of size and weight approximative

Material: Steel of minim. 330 N/mm² tensile strength

Steel of higher tensile strength - on request (CK 45 N/C 22.8 N with work proof certificate) on request

Sonderanfertigung:

auf Wunsch auch aus Edelstahl

**Special type:**

stainless steel on request

Maß- und Gewichtsangaben annähernd, Änderungen vorbehalten.
Measures and weights without engagement.

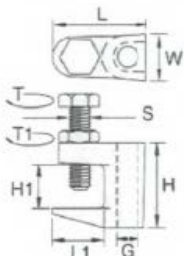
tyco

Beam clamp

Material : Malleable Iron - EN 1563-1997
Finish : Electro zinc plated - EN ISO 12329



UBC



Productfilter

Technical Data

Art.Nr.	G	L mm	L1 mm	W mm	H mm	H1 mm	S	F1 kN	Ttest Nm	T1 mm	FM	VdS	KG /100		Order
UBC6T	M6	36	20	19	35	17	M8	1.1	8	11			8.5	50	1
UBC8D	8	36	20	19	35	17	M8	1.1	8	11		y	8.5	50	1
UBC8T	M8	36	20	19	35	17	M8	1.1	8	11		y	8.5	50	1
UBC10D	11	45	22	22	40	19	M10	2.4	8	22	y	y	15.1	50	1
UBC10T	M10	45	22	22	40	19	M10	2.4	8	22	y	y	15.7	50	1
UBC12D	13	50	28	25	48	23	M10	3.1	8	22	y	y	21.2	25	1
UBC12T	M12	50	28	25	48	23	M10	3.1	8	22	y	y	20.9	25	1
UBC16D	17	58	30	30	58	28	M12	5.5	8	22	y	y	31.8	50	1
UBC16T	M16	58	30	30	58	28	M12	5.5	8	22	y	y	31.8	50	1

CAD Blocks

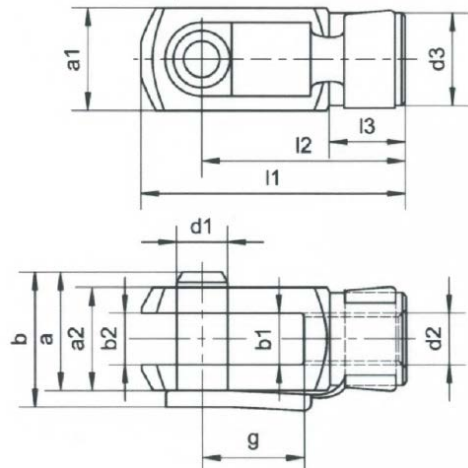
You have to be logged in to download the Cad blocks. [Click here to log in.](#)

Installation Guidelines



VdS: Use STRAP for pipe sizes > DN65
© 2018 Tyco. All rights reserved.

Gaffel voor draadeind M8



g ($\pm 0,5$)	32
d1 (h11)	8
d2 (Normaal)	M8 x 1,25
d3 ($\pm 0,3$)	14
a1 (h11)	16
a2 (h11)	16
b (B13)	21.6
b1 (B13)	8
b2 (B13)	8
L1 ($\pm 0,5$)	58
L2 ($\pm 0,4$)	48
L3 ($\pm 0,2$)	12

oppervlaktebehandeling: Verzinkt

materiaal: Gaffel: 1.0718 (11SMnPb30+C), ES Clip: pen 1.0718 (11SMnPb30+C) veer C60 to Ck75

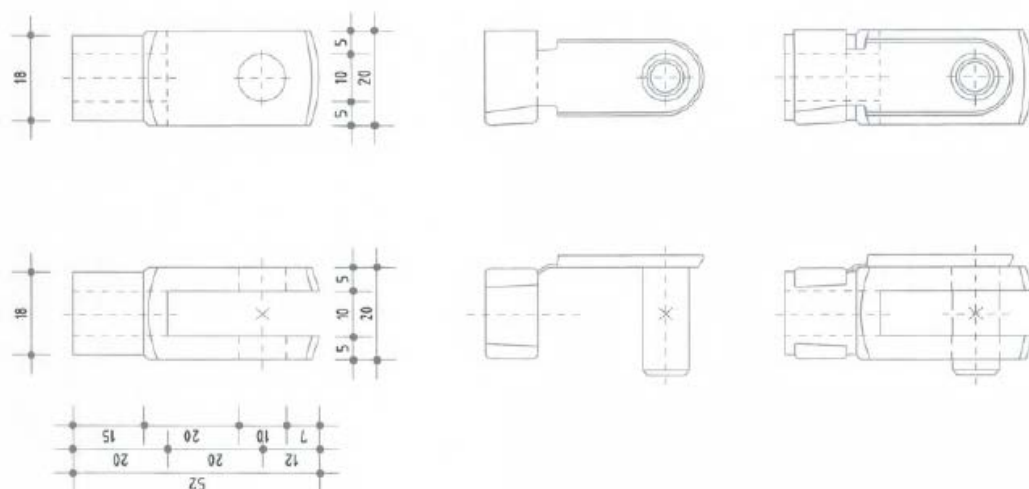
DIN/ISO: volgens DIN 71751

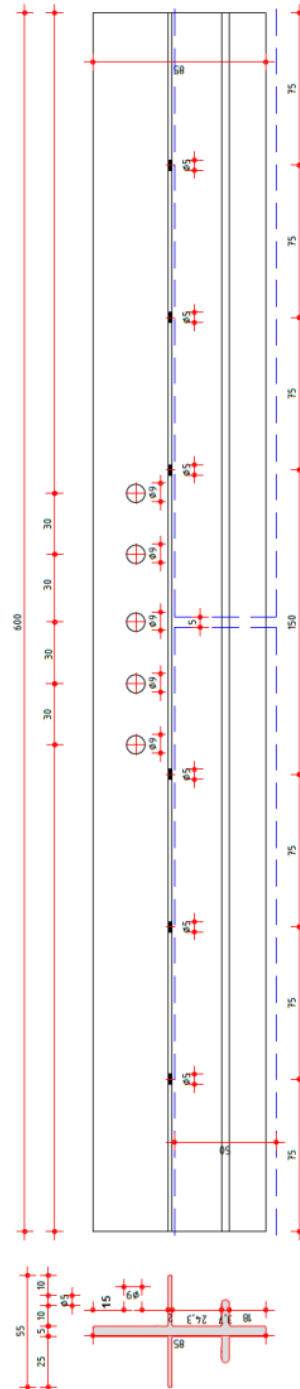
treksterkte: Gaffel: ca.500-550 N/mm², ES-clip: pen: 550-700 N/mm², clip: 1450-1600 N/mm²

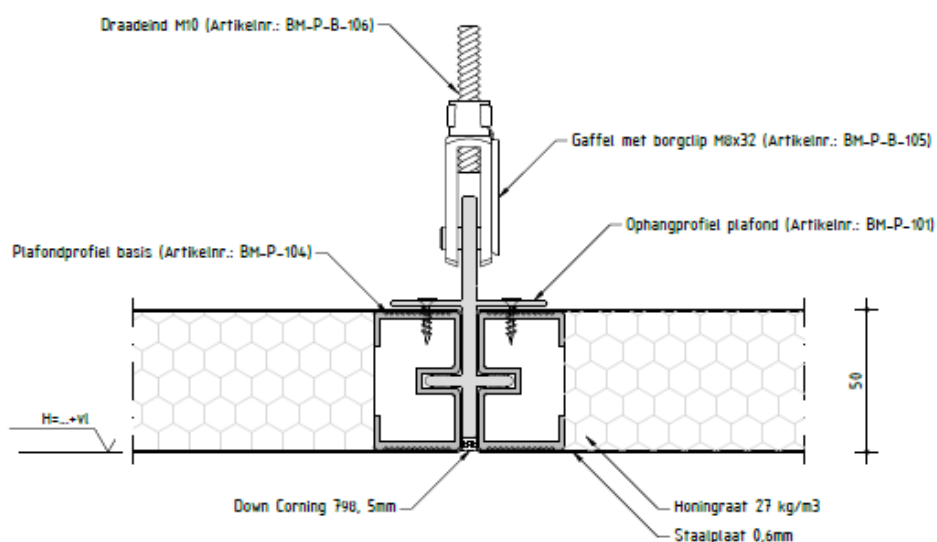
draad: Binnendraad, rechts, links en/of fijne draad metrisch of UNF

linkse draad: Voor linkse draad 'L' toevoegen

Gaffel voor draadeind M10



[illegible]



Verticale doorsnede

Schaal 1:2

Opdrachtgever: Bibliotheek Details

Werk: ----

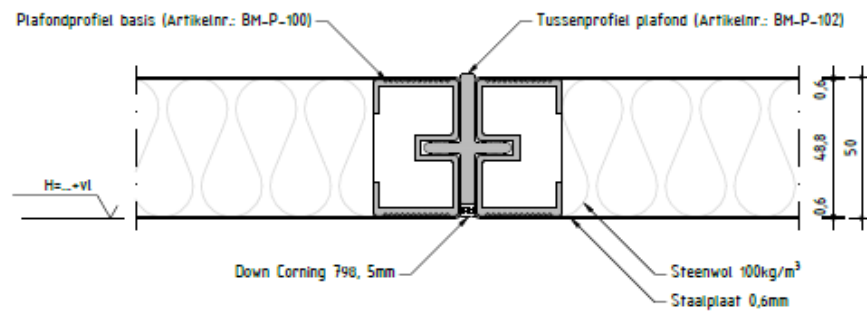
Onderdeel: Detail beloopbaar plafond honingraat type BCPS



Oroogdukkaravalland 711 5026 SP Tilburg I T 0031 0176 504 70 01

Status:	---				
Gefaband:	M.G.	Revisie:	Defum:	Revisie:	Defum:
Defum:	03-09-2010	A	---	D	---
Schaal:	---	B	---	E	---
Formaat:	A4	C	---	F	---

Bledn:
44560.2-D39_NL



Verticale doorsnede

Schaal 1:2

Ooprechtgever: Bibliotheek Details

Werk: - - - -

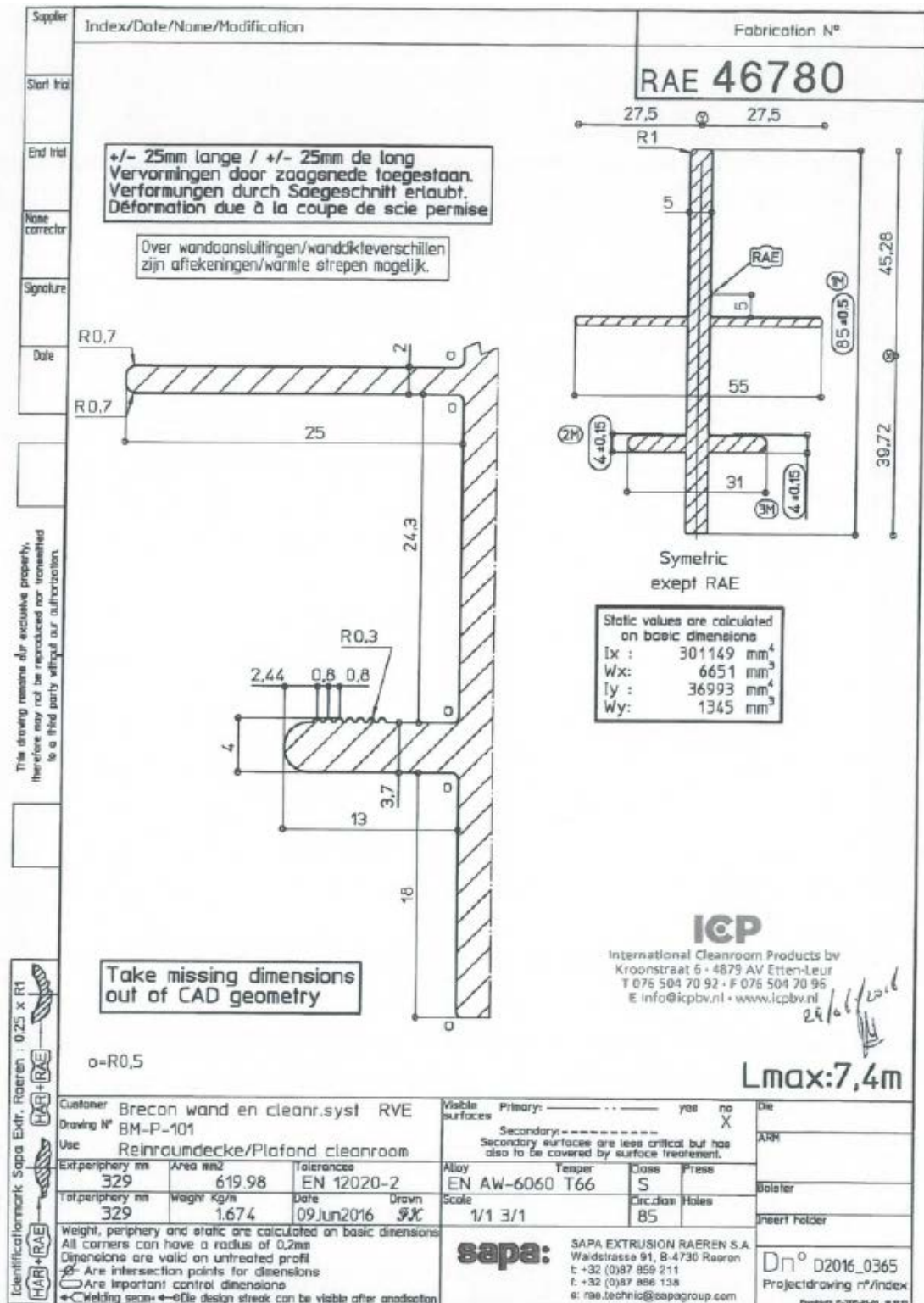
Onderdeel: Detail beloopbaar plafond honingraat type BCPS

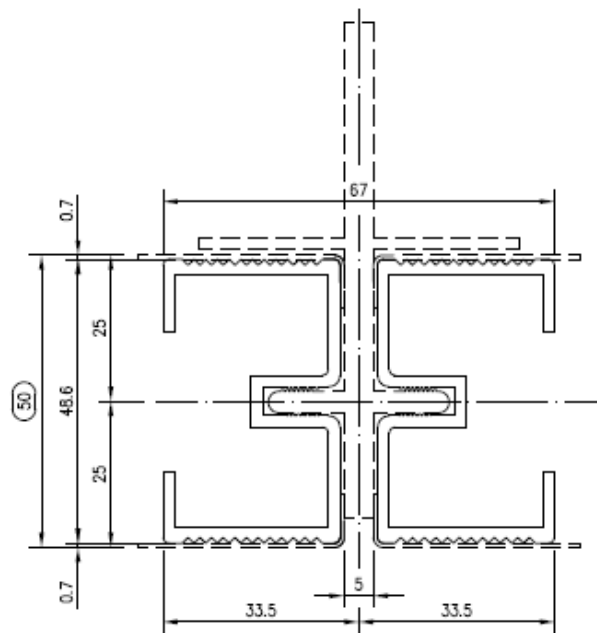


Droegdokkenland 7 | 5026 SP Tilburg | T 0031 (0)16 504 70 01

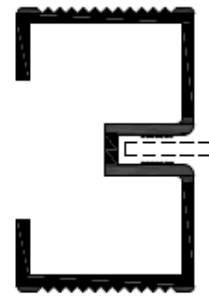
Status: ---	Projectnr.: ----				
Gefakend: M.G.	Revisie	Defum:	Revisie	Defum:	Bladnr.: 44560.2-D26_NL
Defum: 03-09-2018	A	---	D	---	
Schaal: ---	B	---	E	---	
Formaat: A4	C	---	F	---	

Supplier	Index/Date/Name/Modification		Fabrication N°	
Start trial			RAE 46781	
End trial	±/- 25mm lange / ±/- 25mm de long Vervormingen door zaagsnede toegestaan. Verformungen durch Saegeschnitt erlaubt. Déformation due à la coupe de scie permise			
Name corrector	Over wandaanstuitingen/wanddikteverschillen zijn aftekeningen/waarme strepen mogelijk.			
Signature				
Date				
This drawing remains the exclusive property, therefore may not be reproduced nor transmitted to a third party without our authorization.				
		Static values are calculated on basic dimensions I_x : 41208 mm⁴ W_x : 1723 mm³ I_y : 9197 mm⁴ W_y : 593 mm³ Symetric except RAE		
Take missing dimensions out of CAD geometry α=R0,5		ICP International Cleanroom Products bv Kroonstraat 6 • 4879 AV Etten-Leur T 076 504 70 92 • F 076 504 70 96 E info@icpbv.nl • www.icpbv.nl 24/66/16:6 JLB Lmax:7,4m		
Customer Brecon wand en cleanr.syst RVE Drawing N° BM-P-102 Use Reinraumdecke/Plafond cleanroom		Visible surfaces Primary: ☐ Secondary: ☒ Secondary surfaces are less critical but has also to be covered by surface treatment.		Die
Ext.periphery mm 153 Area m² 325,51 Tolerances EN 12020-2 Alloy EN AW-6060 T66 Scale 1/1 3/1		Temp Close Press 46		ARM
Tot.periphery mm 153 Weight Kg/s 0,879 Date 09Jun2016 Drawn 95%		Scale 1/1 3/1 46		Bolster
Weight, periphery and static are calculated on basic dimensions All corners can have a radius of 0,2mm Dimensions are valid on untreated profile Are intersection points for dimensions Are important control dimensions Welding seam Die design streak can be visible after anodisation		sapa: SAPA EXTRUSION RAEREN B.V. Waldrasse 81, B-4730 Raeren t: +32 (0)87 859 211 f: +32 (0)87 860 136 e: raer.technic@sapagroup.com		Insert holder
Identificationmark Sapa Extr. Raeren : 0,25 x R1 RAE		On° 02016_0366 Projectdrawing n°/index Finaltech 7-739-01-01 9.0.19		

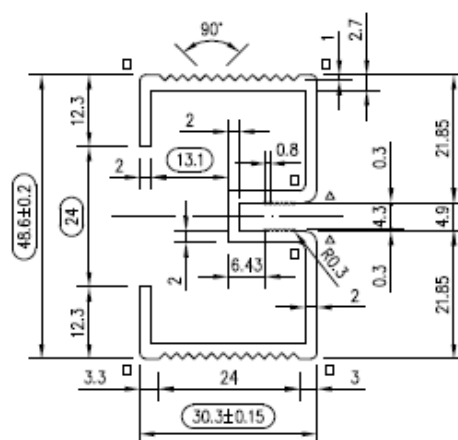




Escala 1:1



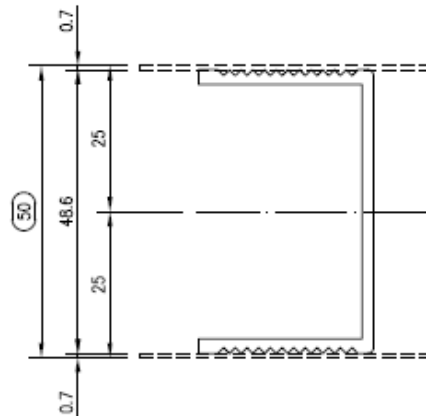
Escala 1:1



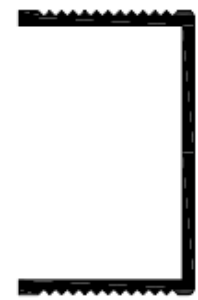
Escala 1:1

Momentos de inercia:
 X: 9,72156198 cm⁴
 Y: 3,46477728 cm⁴

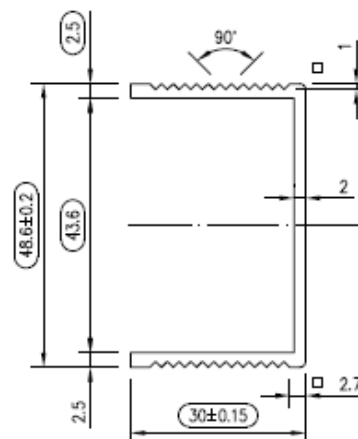
 EXTRUSION DE ALUMINIO			ESPESOR GENERAL: ±0.15 mm			FECHA	MODIFICACIONES	
			CARAS VISTAS -----					
			RADIOS NO ACOTADOS: R0.30					
			RADIOS SEÑALADOS NO ACOTADOS					
			R0.20 ○ R0.50 ● R1.00 □					
			R1.50 ■ R2.00 ▲ R2.50 ▲			NORMA: SE APLICA UNE-EN 755-9 EN COTAS SIN TOLERANCIA		
ØC.C. mm	AREA mm²	PESO Kg/m	PERIMETRO APROXIMADO mm			C.T.	REF. CLIENTE:	ESCALA: 1:1
56.5	317.1	0.856	EXT: 326	INT: —	TOT: 326	P.N.	BM—P—100	FECHA: 10/06/2016
CLIENTE:			ALEACION:6060 T6 N° Provisional			N° PLANO		DIBUJADO: D.ZAMORANO
INVESPANEL BRECON			PRO-10662			A—09365		



Escala 1:1



Escala 1:1



Escala 1:1

Momentos de inercia:
 X: 7,95549621 cm⁴
 Y: 2,02775473 cm⁴

 EXTRUSION DE ALUMINIO			ESPESOR GENERAL: ±0.15 mm		FECHA	MODIFICACIONES	
			CARAS VISTAS				
			RADIOS NO ACOTADOS: R0.30				
			RADIOS SEÑALADOS NO ACOTADOS				
			R0.20 ○ R0.50 ● R1.00 □				
			R1.50 ■ R2.00 ▲ R2.50 ▲				
			NORMA: SE APLICA UNE-EN 755-9 EN COTAS SIN TOLERANCIA				
ØC.C. mm	AREA mm ²	PESO Kg/m	PERIMETRO APROXIMADO mm		C.T.	REF. CLIENTE:	ESCALA: 1:1
56.8	212.8	0.575	EXT: 232.2	INT: —	P.N.	BM-P-103	FECHA: 10/06/2016
CLIENTE:		ALEACION: 6060 T6		Nº PLANO			
INVESPANEL BRECON		Nº Provisional		PRO-10643	A-09362		
					DIBUJADO: D.ZAMORANO		

B Buigtest op de plafondplaat

Sterkte van een type aluminium honingraad sandwich plaat in 4-punts buigproef

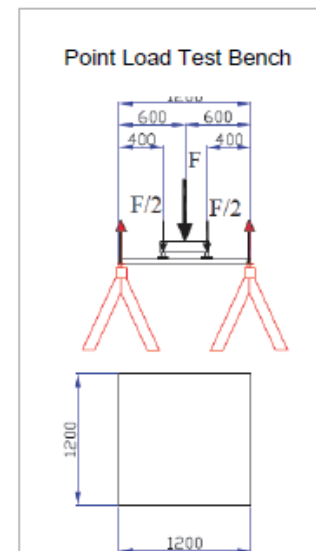
Opdrachtgever: Brecon Cleanroom Systems

Composition

Face A	Pre-painted steel 0,6 mm thick
Face B	Pre-painted steel 0,6 mm thick
Core	Aluminium Honeycomb 48,5 mm
Aluminium Profile	On 2 sides
Profile Type	BM-P-100

Dimensions

Length	1200 mm
Width	1200 mm
Overall Thickness	50 mm



Resultaten van het experimenteel onderzoek:

Het experimenteel onderzoek naar de statische sterkte van het type sandwich plaat heeft de volgende resultaten opgeleverd. Bij proefresultaten is rekening gehouden met het feit, dat 50% van de belasting naar 1 zijde van het paneel wordt afgevoerd.

Proef nr. 1: $Pu_0 := 0.5 \cdot 3960 \cdot \text{kg} \cdot g$ geeft: $Pu_0 = 19417 \cdot \text{N}$

Proef nr. 2: $Pu_1 := 0.5 \cdot 3567 \cdot \text{kg} \cdot g$ geeft: $Pu_1 = 17490 \cdot \text{N}$

Proef nr. 3: $Pu_2 := 0.5 \cdot 3567 \cdot \text{kg} \cdot g$ geeft: $Pu_2 = 17490 \cdot \text{N}$ $n := \text{rows}(Pu) \quad n = 3$

Bezwijkvorm:

De sterkte wordt begrensd, doordat de aluminium kern van het paneel bezwijkt (dwarskracht in de aluminium kern is maatgevend voor de sterkte)

Statistische factor k , gebaseerd op een onderschrijdingskans van 5% en een Bayesiaanse verwerking van de statistische gegevens, ter bepaling van de factor V_x "niet bekend" volgens D7.2(3) van NEN-EN 1990. Deze factor is afhankelijk van het aantal proeven:

$k_3 := 3.37$ $k_5 := 2.33$ $k_7 := 2.09$ $k_9 := 1.96$
 $k_4 := 2.63$ $k_6 := 2.18$ $k_8 := 2.00$ $k_{10} := 1.92$ geeft: $k_n = 3.37$

Uitgaande van een normale verdeling:

$m_x := \text{mean}(Pu)$ $m_x = 18132 \cdot \text{N}$

$$s_x := \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (Pu_i - m_x)^2}$$
 $s_x = 1113 \cdot \text{N}$

$$V_x := \frac{s_x}{m_x}$$
 $V_x = 0.06136$

Bepaling van de rekenwaarde R_d voor de toetsing van de sterkte van de constructie.

$$\gamma_m := 1.1 \quad \gamma_m = \gamma \cdot M1 \text{ volgens tabel 6.1 van NEN-EN 1999-1-1}$$

$$\eta_d := 1 \quad \text{Factor, waarmee rekening wordt gehouden met onzekerheden, van toepassing zijnde grenstoestanden en het vereiste betrouwbaarheidsniveau.}$$

Rekenwaarde:
(toelaatbare dwarskracht)

$$Q_{d,op} := \min \left[\frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot m_X \cdot (1 - k_n \cdot V_x), \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot 0.9 \cdot \text{mean}(P_u) \right] \quad \text{geeft: } Q_{d,op} = 13076 \cdot N$$

De maatgevende belasting op het plafondsysteem is de puntlast, zoals gegeven in NEN-EN1991-1-1. Deze belasting kan worden gezien als het gewicht van een persoon + gereedschap.

NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/NB:2011

Tabel NB.4 – 6.10 — Opgelegde belastingen op daken van klasse H en daken van onder maaiveld gelegen ruimten

Klasse van belaste oppervlakte	Dakhelling α	q_k^a kN/m ²	Q_k kN
H (niet toegankelijk)	$0 \leq \alpha < 15^\circ$	1,0	1,5 ^b
	$15 \leq \alpha < 20^\circ$	$4 - 0,2 \times \{\alpha\}$	
	$\alpha \geq 20^\circ$	0	
Daken van onder maaiveld gelegen ruimten, geen verkeersbelasting		4	7
^a De belasting q_k werkt op een oppervlakte A van 10 m ² , binnen de grenzen van nul tot het hele dakoppervlak.			
^b Werkend op een oppervlakte van 0,1 m × 0,1 m.			

- Puntlast: $Q_k := 1500 \cdot N$

- Belastingfactor: $\gamma_P := 1.5$

Aangezien de puntlast volgens NEN-EN1991-1-1 moet worden aangenomen op een oppervlak van 10 cm x 10 cm, wordt maximaal het volgende deel van de dwarskracht afgedragen naar 1 steunpunt van een 2-zijdig op gelegd paneel met een effectieve overspanning van 120 cm, inclusief de doorsnede met de 3 cm brede draagprofielen (stramienlijnen hart-op-hart 120 cm).

$$\text{part}_Q := \frac{\left(120 - \frac{10}{2} - 3\right)}{120} \quad \text{geeft: } \text{part}_Q = 93.3\%$$

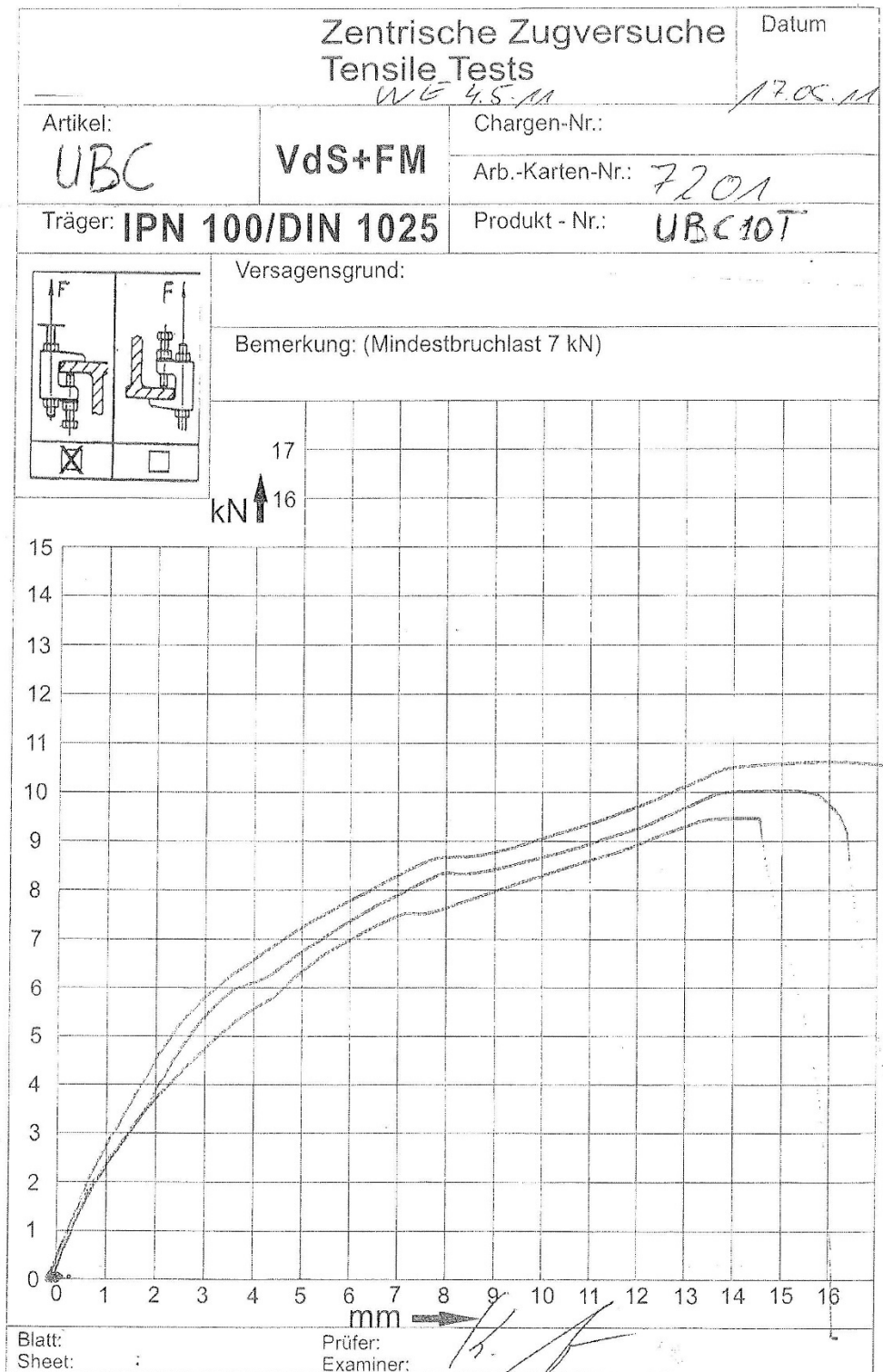
De rekenwaarde voor de maximaal optredende dwarskracht onder invloed van de puntlast volgens NEN-EN1991-1-1 (de beperkte invloed van het eigen gewicht van het plafond van 250 N/m² buiten beschouwing gelaten):

$$Q_{ed,max} := Q_k \cdot \gamma_P \cdot \text{part}_Q \quad \text{geeft: } Q_{ed,max} = 2100 \cdot N$$

Benodigde plaatbreedte (plaat toegepast als ligger op 2 steunpunten) voor het opnemen van de maximaal optredende dwarskracht (de beperkte invloed van het eigen gewicht van het plafond van 250 N/m² buiten beschouwing gelaten), afgeleid van de plaatbreedte van 1200mm in de test:

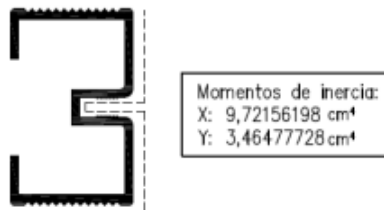
$$B_{min} := \frac{Q_{ed,max}}{Q_{d,op}} \cdot 1200 \cdot \text{mm} \quad \text{geeft: } B_{min} = 193 \cdot \text{mm}$$

C Trekproeven op balkklem UBC10T



D Profieleigenschappen in de statische berekening

profiel BM-P-100



$$A \quad 317 \cdot \text{mm}^2 = 3.17 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^2$$

$$I \quad 9.72 \cdot \text{cm}^4 = 9.72 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$E \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7 \times 10^7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h \quad h1 := 48.6 \cdot \text{mm}$$

$$W \quad \frac{9.72 \cdot \text{cm}^4}{0.5 \cdot h1} = 4000 \cdot \text{mm}^3$$

$$EI \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 9.72 \cdot \text{cm}^4 = 6.804 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

profiel BM-P-103



$$A \quad 213 \cdot \text{mm}^2 = 2.13 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^2$$

$$I \quad 7.96 \cdot \text{cm}^4 = 7.96 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

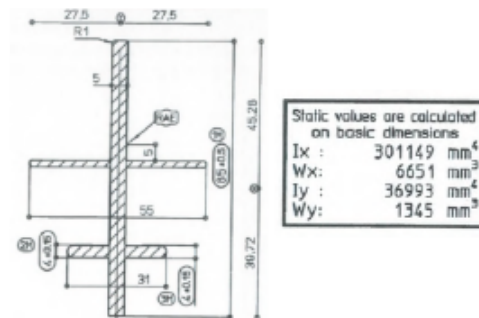
$$E \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7 \times 10^7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h \quad h2 := 48.6 \cdot \text{mm}$$

$$W \quad \frac{7.96 \cdot \text{cm}^4}{0.5 \cdot h2} = 3276 \cdot \text{mm}^3$$

$$EI \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 7.96 \cdot \text{cm}^4 = 5.572 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

profiel BM-P-101



$$A \quad 620 \cdot \text{mm}^2 = 6.2 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^2$$

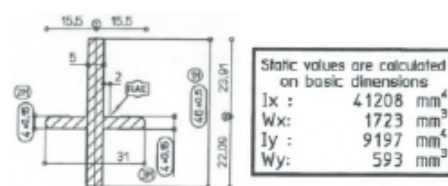
$$I \quad 30.1 \cdot \text{cm}^4 = 3.01 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$E \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7 \times 10^7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W \quad 6651 \cdot \text{mm}^3$$

$$EI \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 30.1 \cdot \text{cm}^4 = 21.07 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

profiel BM-P-102



$$A \quad 153 \cdot \text{mm}^2 = 1.53 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^2$$

$$I \quad 4.12 \cdot \text{cm}^4 = 4.12 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$E \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7 \times 10^7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$W \quad 1723 \text{ mm}^3$$

$$EI \quad 70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4.12 \cdot \text{cm}^4 = 2.884 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

Effectieve bijdrage van de profielen aan de sterkte in elastische berekening, rekening houden met de stijfheidsverschillen:

$$\text{neutrale lijn BM-P-101} \quad \frac{3.01 \times 10^{-7} \text{ m}^4}{6651 \cdot \text{mm}^3} = 45.256 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Effectief } W_x \text{ BM-P-100:} \quad \frac{9.72 \cdot \text{cm}^4}{45.256 \text{ mm}} = 2.148 \times 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

dus profiel BM-P-100 voor 54% effectief door relatief geringe hoogtemaat tov BM-P-101

Effectieve waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment in het eindveld van de randen van de plafondconstructie:

$$6651 \cdot \text{mm}^3 + 0.54 \cdot 4000 \text{ mm}^3 = 8811 \cdot \text{mm}^3$$

$$\text{De bijbehorende toelaatbare spanningen:} \quad 160 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

De profielen BM-P-100 en BM-P-103 zijn vrijwel even hoog. Daardoor is er voor de combinatie van deze profielen geen correctie nodig van de effectieve bijdrage aan de sterkte.

$$\text{neutrale lijn BM-P-100} \quad \frac{h_1}{2} = 24.3 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Effectief } W_x \text{ BM-P-103:} \quad \frac{4.12 \cdot \text{cm}^4}{24.3 \text{ mm}} = 1695 \cdot \text{mm}^3$$

Effectieve waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment in de middenvelden van de plafondconstructie:

$$1723 \cdot \text{mm}^3 + 2 \cdot 4000 \text{ mm}^3 = 9723 \cdot \text{mm}^3$$

$$\text{De bijbehorende toelaatbare spanningen:} \quad 150 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Effectieve waarde voor het weerstandsmoment voor opname van het buigend moment in de middenvelden van de plafondconstructie:

$$\text{Is gelijk aan weerstandsmoment BM-P-101} \quad 6651 \cdot \text{mm}^3$$

$$\text{De bijbehorende toelaatbare spanningen:} \quad 160 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Buigstijfheid van het plafond paneel
(geschatte waarde uit analyse testen uitgevoerd door Invespanel)

$$EI \quad 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Buigstijfheid voor middenlocatie van het plafond met scharnierende profielaansluiting:

2 x profiel profiel BM-P-100 + 1x profiel BM-P-102 + 1x plafond paneel

$$EI \quad 2 \cdot 6.804 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 2.884 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 = 23.992 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Representatieve waarde voor I} \quad \frac{23.992 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}{70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3.427 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\text{Representatieve waarde voor A} \quad 2 \cdot 317 \cdot \text{mm}^2 + 153 \cdot \text{mm}^2 = 7.87 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Als alternatief voor de middenlocatie wordt ter plaatse van de oplegging over een bepaalde lengte profiel BM-P-101 toegepast ipv BM-P-102

$$EI2 \quad 2 \cdot 6.804 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 0 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 = 21.108 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Representatieve waarde voor I} \quad \frac{21.108 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}{70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3.015 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\text{Representatieve waarde voor A} \quad 2 \cdot 317 \cdot \text{mm}^2 + 0 \cdot \text{mm}^2 = 6.34 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

In de zij-randen wordt de buigstijfheid van een halve plaat meegenomen. Profiel BM-P-101 wordt over de hele plaatlengte toegepast (koppeling in momenten-nulpunt, niet in eindveld)

$$EI3 \quad 1 \cdot 6.804 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 21.07 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + \frac{1}{2} \cdot 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 = 31.624 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Representatieve waarde voor I} \quad \frac{31.624 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}{70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 4.518 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\text{Representatieve waarde voor A} \quad 1 \cdot 317 \cdot \text{mm}^2 + 620 \cdot \text{mm}^2 = 9.37 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Voor een sterk eindveld kan de hele overspanning worden uitgevoerd in combinatie met profiel BM-P-101 tot voorbij het steunpunt.

$$EI3 \quad 2 \cdot 6.804 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 21.07 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 + 7.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 = 42.178 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Representatieve waarde voor I} \quad \frac{42.178 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}{70000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 6.025 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\text{Representatieve waarde voor A} \quad 2 \cdot 317 \cdot \text{mm}^2 + 620 \cdot \text{mm}^2 = 1.254 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

E Hulpconstructie plafondplaat met uitsparing

