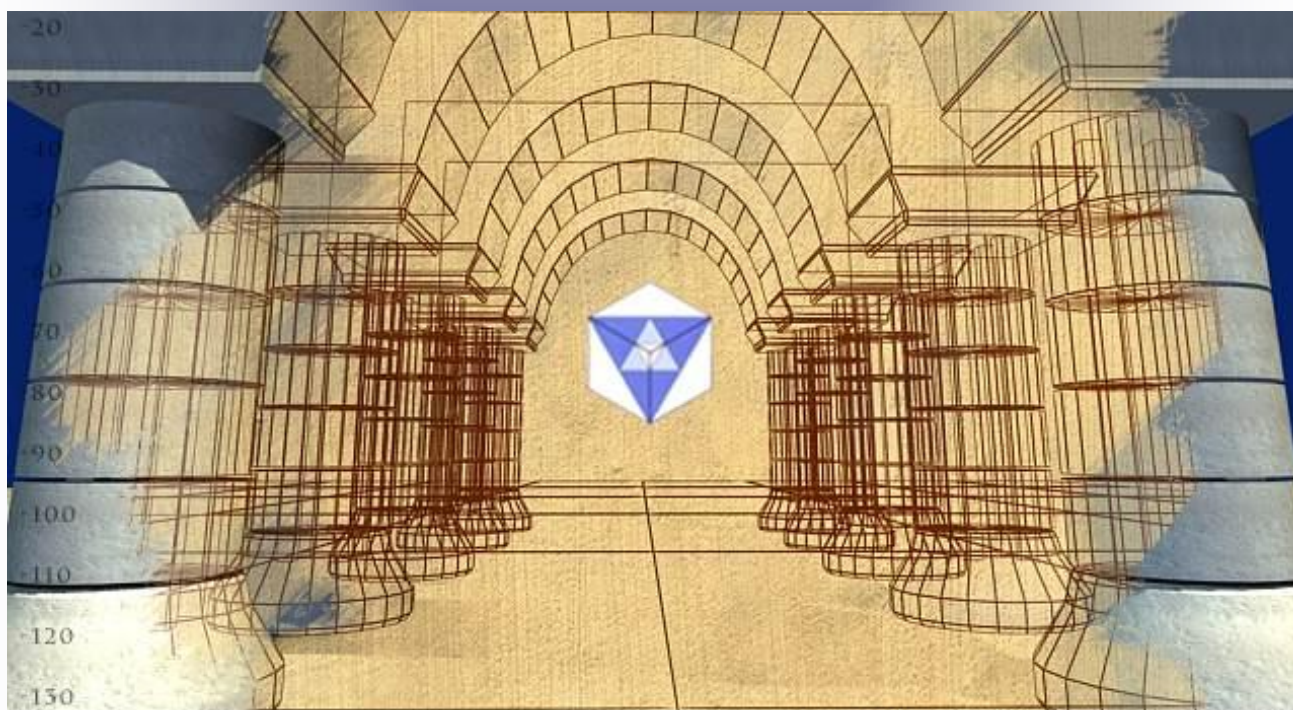


PREFAB WAPENING VAN NIET STANDAARD CONSTRUCTIES



STUBECO STUDIECEL B 04-2

PREFAB WAPENING **van niet standaard constructies**

Definitieve versie rapport, oktober 2011

Stubeco studiecel B 04-2

K.J. de Boorder, P. de Boorder & Zoon B.V.
ing. Th.J.A. Paap, vh PRC - SAOB
H. Schuurman, Movares Nederland B.V.
J. van Leeuwen, vh BAM Civiel
ing A.J. Speksnijder, Strukton Engineering
M. Deijkers, MVM Betonstaal
A. Kreté, Van Noordenne Vlechtwerken B.V.
A. van der Steen, PAR Project Adviseur Reinforcement
B. Borger, Wadro B.V.

De Studievereniging Uitvoering Betonconstructies (Stubeco) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in deze publicatie vervatte gegevens. Nochtans moet niet de mogelijkheid worden uitgesloten dat er zich toch onjuistheden in deze publicatie kunnen bevinden. Degene die van deze publicatie gebruik maakt, aanvaardt daarvan het risico. De Stubeco sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Gehele of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het Stubeco-bestuur.

Deze publicatie is verkrijgbaar bij:
Stubeco, Büchnerweg 3, Postbus 411, 2800 AK Gouda
tel.nr. (0182) 53 92 33, fax (0182) 53 75 10
e-mail: info@stubeco.nl - website: www.stubeco.nl

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
2.	Tekenen	9
3.	Anders denken, anders doen	13
4.	Arbo aspecten	15
5.	Automatisering in wapeningscentrales	17
	5.1. Pasnetten	17
	5.2. Rolmatten	17
	5.3. Spinmatten	18
	5.4. Staafnetten	18
	5.5. Prefab korven	20
	5.6. Speciale korven	21
	5.7. Knipautomaten	21
	5.8. Transport in centrales	22
6.	Oplossingen in de bouw	25
	6.1. Woningbouw	25
	6.1.1. Funderingen	25
	6.1.2. Wanden	29
	6.1.3. Balkons voor de prefabindustrie	30
	6.2. Utiliteitsbouw	32
	6.2.1. New Babylon rechthoekige kolommen	32
	6.2.2. New Babylon V-kolommen	33
	6.2.3. Nederlands Instituut voor Beeld en Geluid	35
	6.2.4. Keldervloer Dorpshuis Opdam	36
	6.2.5. Prefab op de KPN toren	36
	6.2.6. Bekistingsplaatvloer gemeentehuis Diever	38
	6.2.7. Parkeergarage kantoorgebouw Leiden	39
	6.2.8. RWZI Harnaschpolder	41
	6.2.9. Vloer vuurwerkfabriek	42
	6.3. Infrabouw	44
	6.3.1. Kolommen voor de HSL	44
	6.3.2. Het Doorgaand Spoorviaduct (DSV)	45
	6.3.3. Rotondes in Leeuwarden	46
	6.3.4. Buispaal met sloof	47
	6.3.5. Aanbrug bij Lexkesveer	48
	6.3.6. A2 Kruispunt De Hogt Eindhoven	49
	6.3.7. A50 met rolmatten	50
	6.3.8. Pijler onder viaduct A2 Holendrecht	51
	6.3.9. Voegslabkorven voor de HSL tunnels	53
	6.3.10. Dwarskracht korven	53
	6.3.11. Westrandweg Amsterdam	54
	6.3.12. Damwandkuip met betonvloer	59
	6.3.13. Viaduct Buikslotermeer Amsterdam	60
	6.3.14. HSL brug over het Hollands Diep	63
7.	Samenvatting	67



Figuur 1 - Eén van de moderne wapeningscentrales in ons land, die met elkaar goed uitgerust zijn voor het leveren van prefab wapening voor niet standaard constructies.

In de huidige voortgang van het uitvoeren van projecten blijkt in steeds meer gevallen het vlechten van de wapening een tijdsbepalende factor te worden. Dat is vooral het geval bij infra projecten, maar ook in de utiliteitsbouw en de woningbouw staat de uitvoeringstijd onder druk. In veel gevallen omdat een groot deel van de wapeningsconstructies nog in het werk wordt gevlochten. Voor standaard constructies wordt er veel geprefabriceerd. Bij niet standaard constructies prefabriceert men veel minder. Zijn er nog te veel problemen? Ziet men wel de voordelen?

A photograph showing two construction workers in safety gear (hard hats and high-visibility vests) working on a large, rectangular grid of steel reinforcement bars (rebar) laid out on the ground. The rebar is arranged in a dense, organized pattern, likely for a bridge deck or a large concrete slab. In the background, there is a long, low wall made of vertical steel piles or sheet piling, and a grassy embankment with trees. The scene is outdoors, and the lighting suggests it's daytime.

Met meer man
tillen mag niet
meer. Een staaf
van 14 meter Ø
40 weegt 138 kg!

A wide-angle photograph showing three construction workers in safety gear (hard hats and high-visibility vests) working on a large-scale concrete reinforcement project. They are standing on a dense grid of steel rebar that has been laid out on a construction site. In the background, there is a large, rusted metal structure, possibly a retaining wall or a large container, and a body of water or a large excavation area. The scene is set outdoors with trees and a clear sky in the distance.

Er is een
algemene
oplossing voor
het tillen van
betonstaal:
maak het
betonstaal
zwaarder door
losse staven
samen te
voegen tot
zodanige

Pagina 5 van 69

Na het bekisten wil de aannemer zo snel mogelijk storten, zodat hij zijn dure, gehuurde bekisting weer opnieuw kan inzetten. Het staaf voor staaf wapenen van zijn wapeningsconstructie belemmert dat in hoge mate.

Oplossing: ga over op prefabriceren. Hiermee verkort men de cyclustijd.

Het berekenen en tekenen van de wapening wordt gebruikelijk door ingenieursbureaus uitgevoerd. Bij het tekenen wordt nauwelijks rekening gehouden met prefabriceren.

Aanpassingen bij het tekenen zijn noodzakelijk om prefabriceren mogelijk te maken.



Handmatig vlechten is arbeidintensief en arbeid is duur. Vooral wapeningscentrales vinden hier antwoorden op, door het aanschaffen van gespecialiseerde machines om knippen, buigen en vlechten minder arbeidsintensief te maken voor het produceren van prefab wapening.

Figuur 4 - Een knip- en buigautomaat voor zwaarder betonstaal

Dit rapport laat zien, welke ontwikkelingen er in de betonstaalbranche plaatsvinden respectievelijk in de nabije toekomst zullen plaatsvinden en hoe de andere beroepspartners hierop kunnen inspelen om deze ontwikkeling positief te stimuleren. De studiecél wil door middel van tot verbeelding sprekende voorbeelden laten zien dat prefabriceren van wapening vele mogelijkheden heeft.



Figuur 5 - De achterzijde van een grote knipmachine

Zowel totaal- als deeloplossingen worden getoond. De voorbeelden zijn veelal unieke oplossingen, die natuurlijk nooit één op één voor herhaling kunnen worden gebruikt, maar belanghebbenden wel een richting kunnen wijzen.



Figuur 6 - Drie rollen staal met de nieuwe aanduidingen:

B500A
B500B
B500C

In plaats van de bekende:

FEB500 HKN
FEB500 HK
FEB500 HWL,

aanduidingen.

In dit rapport zijn de oude aanduidingen gebruikt.



Figuur 7 - Een volautomatische lasmachine voor rolmatten, die gebruik maakt van rollen staal

Voor het lassen aan wapening bestaan diverse normen. De belangrijkste daarvan is de ISO 17660 Lassen – Lassen van betonstaal

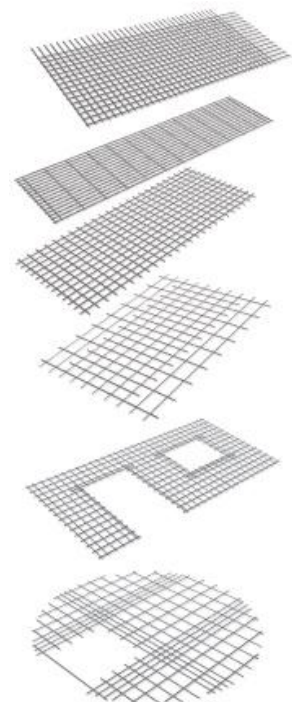
Gelaste wapening kan in de praktijk tot discussies leiden of deze wel bij bepaalde (op vermoeiing belaste) betonconstructies kan worden toegepast. Medio 2009 is een vermoeiingsonderzoek gestart. De resultaten worden medio 2013 verwacht. In dit rapport wordt hieraan verder geen aandacht besteed.

Bijzondere dank is de studiecél verschuldigd aan:

- W. Pingen (Geelen Beton Wanssum BV) voor de gegeven presentatie aan de studiecél
- J.G.M. van Nuland (ATG EUROPE B.V.) voor de gegeven presentatie aan de studiecél.



Figuur 8 - Staafnettenmachine in een gewone wapeningscentrale voor het leveren van staaf- en pasnetten, ook als er slechts een enkel net van een bepaald type nodig is en de producten van deze machine.

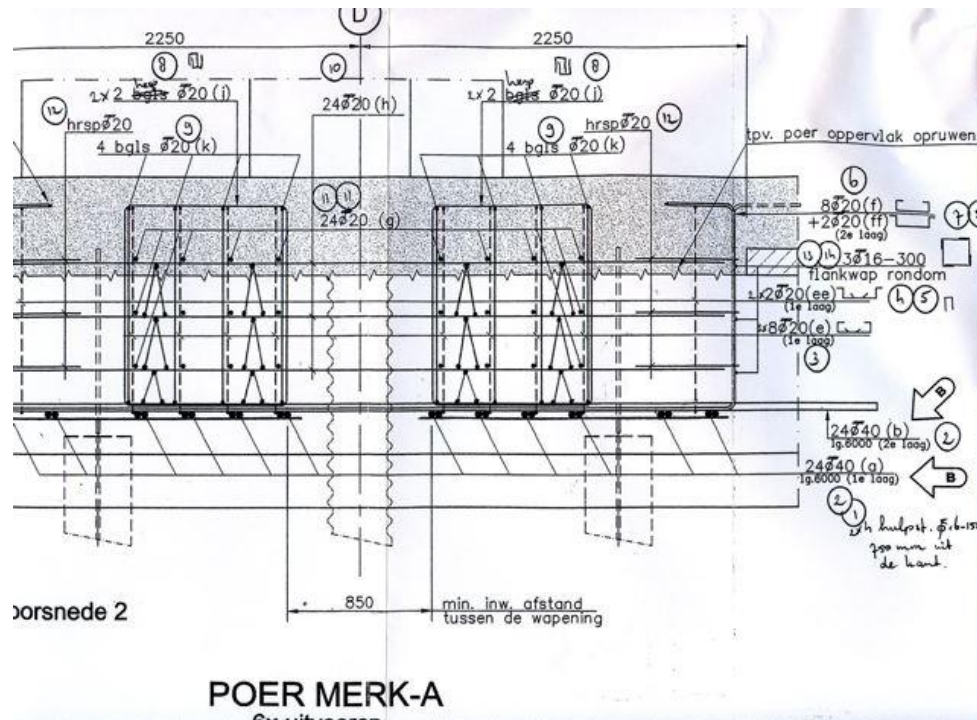


2. Tekenen

De wijze van tekenen is veranderd, van tekenen aan een tekenbord met tekenhaak naar tekenen achter het bureau met behulp van een computer. Maar daarmee is er geen eind gekomen aan de ontwikkeling, integendeel, er zijn nieuwe mogelijkheden in het tekenen van wapening, die ook voor de wapeningsbranche de nodige gevolgen zullen hebben.

Wapeningscentrales ontvangen tekeningen van diverse ingenieursbureaus, waaruit de informatie die nodig is voor productie gehaald moet worden. Deze tekeningen zijn gemaakt met een programma, bijvoorbeeld Autocad of Revit.

Vanuit deze wapeningstekeningen maakt een buigstatenmaker in de centrale de buigstaten. Hij bepaalt de lengte en het aantal staven. Hij houdt rekening met kniplengten en welke staven gecombineerd kunnen worden uit handelslengten. Met het nummeren van de staven op de tekening (Genummerde wapeningstekening) legt hij vast in welke volgorde de vlechter straks op het werk de staven gaat uitlopen.



Figuur 9 - Een stukje genummerde wapeningstekening

De vanuit de tekeningen gemaakte buigstaten hebben een drieledig doel:

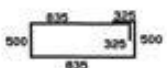
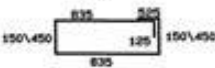
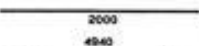
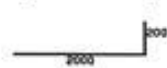
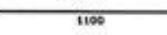
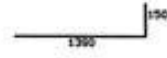
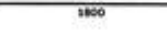


1. Informatie voor de knipper om te kunnen knippen
2. Informatie voor de buiger om de staven te buigen
3. Informatie om de hoeveelheid betonstaal af te rekenen met de opdrachtgever.

Bij grote werken komt daar nog een punt bij:

4. Informatie om staallengten op maat te bestellen bij walswerken.

Bij de meeste centrales worden de buigstaten eerst in concept handmatig gemaakt, waarna de informatie overgebracht wordt in de computer. Naast de buigstaten kunnen labels geprint worden die de knippers en buigers gebruiken om te produceren. De productiemachines worden dus nog niet door het productiebureau aangestuurd. Toch is er al een enkele centrale die ook dit onderdeel heeft geautomatiseerd. De hiervoor benodigde (computerprogramma) modules zijn onmisbaar voor verdere automatisering van het wapeningsproces. Dankzij de koppeling van de in de software aanwezige buigstaat kunnen alle daarop volgende bedrijfsprocessen (inkoop, opslag, tijdstip van produceren, knippen, buigen, tussenopslag en transport) voor de wapeningsindustrie verder worden geautomatiseerd en geoptimaliseerd.

B U I G S T A A T D I E P S T R A T E N										14:47:10	19/04/2005
Werknr : 10813, BERGAMBACHT					Klant : 519 MVS Betonbouw B.V.					Kwaliteit: FEB500	
Werk : Onthardingsgebouw 1 en 2					Vlechtbedrijf : DIEPSTRATEN						
Tekening : -0106.DWG 1 15/02/2005					Datum gemaakt : 15/04/2005					Paraaf akkoord :	
Onderdeel : GER.1 DEEL 2 POER AS X10/X8					Buigstaatsmaker : M.KEGEL						
Bestemming	merk	aant/stap	dia	lengte(mtr)	totaal	dm	bund	rgl	vorm	#	Passaat
15		12	16	3.320	39.840	5d	1	50			
15A		1/10	16 min max	2.620 3.220	29.200 steps: 67	5d	2	50			
16		11	20	2.000	22.000		3	1			
17		18	16	6.600	118.800	5d	4	250			
18		1/11	16 min max	0.930 3.840	26.235 steps: 291	5d	5	17			
19		3	16	4.730	14.190	5d	6	250			
20		11	16	1.800	19.800		7	1			
21		1/32	16 min max	3.720 4.540	132.160 steps: 26	5d	8	250			
22		27	16	3.480	93.960	5d	9	250			
23		87	20	2.200	191.400	5d	10	10			
24		19	10	1.100	20.900		11	1			
24A		6	10	1.540	9.240	5d	12	10			
25		24	20	1.800	43.200		13	1			
26		4	10	1.000	4.000		14	1			
Diameter: 6 8 10 12 14 16 18 20 25 32 40 Meters : 0.0 0.0 34.14 0.0 0.0 474.19 0.0 256.60 0.0 0.0 0.0 Wapening: 0 0 21 0 0 763 0 644 0 0 0 Support : 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 WAPENING: 1428,0 kg										TOTAAL : 1428,0 kg >> BUIGSTAAT: 13 <<	

Figuur 10 – Een buigstaat

Door de bedrijfseigen kenmerken aan de buigstaatspecificaties toe te voegen, kunnen veel meer bedrijfsactiviteiten worden voorzien van informatie (zoals productiecapaciteit, planning van laswerkzaamheden en de vervoersplanning).

Het voordeel is, dat de werkzaamheden die normaal gesproken als zelfstandige processen binnen het bedrijf functioneren, nu direct inzichtelijk worden gemaakt. De verdeling van de te produceren wapening over de verschillende machines, planning van lastafels en afvoerplanning is direct gekoppeld aan dezelfde informatie.

Steeds meer ingenieursbureaus, maar ook centrales, leggen zich toe op het digitaal tekenen van wapeningsconstructies met onder andere CAD-programma's.

Met speciale wapeningstekenprogramma's (bij voorbeeld Allplan) worden alle staven afzonderlijk, zowel in 2D als 3D, uitgetekend zodat een exact beeld van de praktijk ontstaat. Vanuit deze wapeningstekening kan rechtstreeks een buigstaat worden gegenereerd. Op deze manier kan vóór productie (knippen en buigen) gecontroleerd worden of alle staven passen, of het aantal staven correct is en of de staven elkaar niet kruisen. Dit is niet alleen efficiënt, maar voorkomt fouten en is daardoor kostenbesparend. De wapeningsprogramma's houden rekening met handelslengten, laslengten, onzuiverheden (profilering van de wapeningsstaven) en buigdoornstralen conform de NEN 6720.

64	qt	l(m)
1	1	11,300
2	1	11,994
3	1	12,000
4	1	11,996
5	1	12,000
6	1	11,999
7	1	11,997
8	1	12,000
9	1	11,996
11	2	12,000
12	1	11,998
14	2	11,996
16	2	12,000

Figuur 11 - Een vanuit een tekenprogramma gegenereerde buigstaat die verbeterd moet worden. Bijna alle staven hebben nagenoeg een lengte van 12 meter.



Figuur 12 - 3D-tekening met een fout. De diagonaalstaaf gaat door de beugels heen.

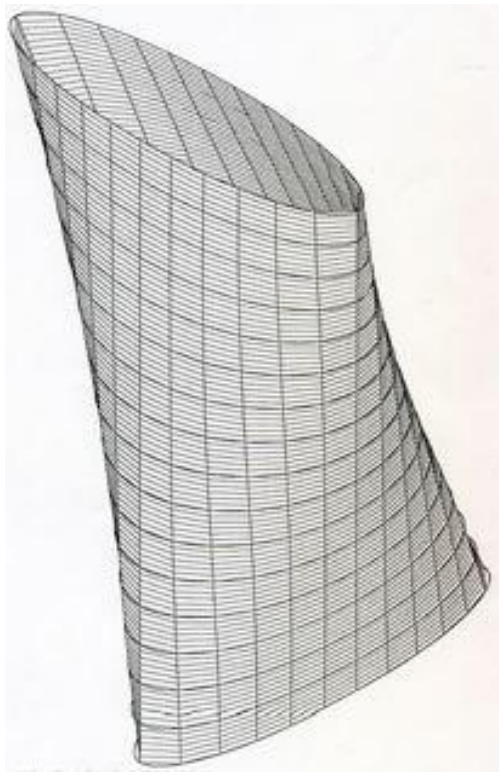
De mogelijkheden van de softwarepakketten zijn legio. Eenvoudige en complexe (infra) betonconstructies wapenen, kan met deze krachtige softwarepakketten. Daarnaast is er een bibliotheek aanwezig met compleet geparametriseerde wapening voor allerlei elementen en details.

Naast staven kunnen ook netten gebruikt worden. Ook is er de mogelijkheid om netten te genereren die automatisch gefabriceerd kunnen worden door een nettenmachine. Voor de fabricage van (staaf)netten hebben sommige centrales een eigen software-programma ontwikkeld. Dit programma is voor de adviesbureaus beschikbaar om op

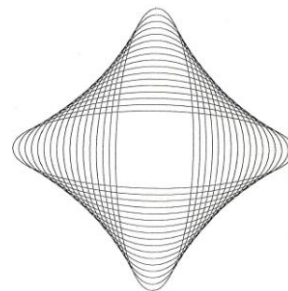
deze “directe” wijze de berekende oplossing te vertalen in een oplossing met (pas- en staaf)netten.

Veel centrales wensen verregaand te prefabriceren. Prefabriceren biedt de mogelijkheid om sneller te kunnen produceren en leveren. Bovendien zijn de arbeidsomstandigheden optimaler en er kan een kwaliteitscontrole op het eindproduct worden uitgevoerd. Prefabricage vraagt echter wel om een betere afstemming van de werkvoorbereiding en productie.

Het wapening tekenpakket ondersteunt de werkvoorbereiding met behulp van een onderverdeling van buigstaten in bouwfases, elementen en elementonderdelen en voorziet in de productieplanning bij bewerkingen met machines, het lassen, en de bouwplaatshandelingen. Deze projectopbouw stelt de werkvoorbereider in staat om een project te verdelen in bouwfases en per bouwfase aan te geven, uit welke elementen deze is opgebouwd. Het onderscheid in elementen wordt al bij het wapeningsontwerp in het tekenpakket bepaald.



De specificaties van de buigstaat worden in de elementen ondergebracht. Door de elementen te voorzien van een leverdatum, kunnen ze worden opgenomen in de planning. Bij verschuiven van de leverdatum is het effect in de bezetting van de machines (in rij en kg) direct zichtbaar. Deze wijzigingen kunnen ook direct zichtbaar gemaakt worden in de lasplanning en afvoerplanning.



Figuur 13 - Door een wapeningscentrale gemaakte wapeningstekeningen van een getordeerde kolom. De wapeningskorf (4.500 kg) is prefab gemaakt.

Het geautomatiseerd be- en verwerken van betonstaal in steeds verder geautomatiseerde centrales stelt steeds hogere eisen aan de getekende wapening. In toenemende mate geven centrales dan ook tekenopdrachten aan ingenieursbureaus, die gelieerd zijn aan deze centrales. Er zijn ook centrales die zelf overgaan tot het tekenen met CAD-programma's om zo te komen tot wapeningsconstructies die efficiënter te produceren zijn. De verwachting is, dat dit uittekenen door of via centrales in de toekomst verder zal toenemen. Hierbij zal een goede afstemming met het ontwerpende ingenieursbureau gewaarborgd moeten blijven.

Het ontwerpende ingenieursbureau is en blijft de eindverantwoordelijke voor het aantal staven, de staafvorm, de diameter, h.o.h.-afstanden, laslengten, dekking enzovoorts.

3. Anders denken, anders doen

“De tekenaar zou eens moeten zien wat hij heeft getekend.”

Eén van de opmerkingen in de bouwkeet bij een verhitte discussie tussen de werkvoorbereider en de vlechter.

Figuur 14 - De werkvoorbereider is na het gesprek met de vlechter eerst een luchtje gaan scheppen

Nadat het telefoongesprek tussen de constructeur en de aannemer/vlechter was beëindigd, sprak het gezicht van de constructeur boekdelen. *“Weer een vraag of het anders mag. Alleen maar vragen om te komen tot goedkopere oplossingen. Geen begrip voor de constructie.”*

Er kan nog wel even worden doorgegaan met het noemen van voorbeelden van onderlinge verwijten. Wat is er veel onbegrip.



Het is toch vreselijk zonde dat er tussen deze partijen onderling zoveel onbegrip bestaat. Indien deze vooroordelen beslecht zouden kunnen worden, is er naar alle partijen toe meer begrip en acceptatie.

Binnen de constructieve betonbouw zijn de volgende partijen actief:

- hoofdaannemer
- vlechter / vlechtcentrale
- ingenieursbureau (tekenaar, constructeur)
- opdrachtgever (Rijkswaterstaat, ProRail, provincies, gemeenten enz.).

Doordat marktpartijen toch nog regelmatig alleen maar inkopen op de laagste prijs, en de concurrentie erg groot is, worden producten veelal geleverd volgens het principe “Niet meer dan nodig”. Lees hierin niet alleen de hoofdaannemer die een onderaannemer selecteert, maar ook een opdrachtgever die een constructeur inhuurt.

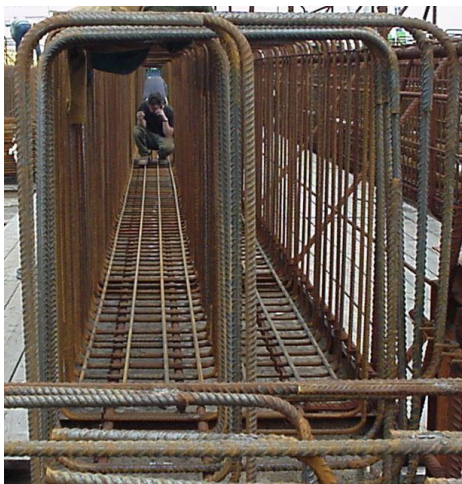
Bij de traditionele contracten (RAW of STABU) wordt na gunning door de opdrachtgever door de gecontracteerde aannemer de voorbereiding van de uitvoering opgestart. In deze voorbereidingsperiode worden onder andere afspraken met de vlechter gemaakt. Gelijktijdig is het ingenieursbureau in opdracht van de opdrachtgever de wapeningsberekeningen en wapeningstekeningen aan het vervaardigen. Deze documenten moeten tijdig bij de aannemer en vlechter zijn. In de onderhandelingen tussen aannemer en vlechter worden, al dan niet, de wapeningstekeningen van het ingenieursbureau gebruikt. Indien de vlechter wensen (bijvoorbeeld prefab) heeft, kan het ingenieursbureau terughoudend hierop reageren. Dit wordt ingegeven door dat deze vragen voor hen vaak extra werk betekenen en het de vraag is of de opdrachtgever bereid is om dit als meerwerk te honoreren. Elke partij kijkt immers naar zijn eigen portemonnee en zal niet meer leveren dan contractueel nodig is. Bij

substantiële wijzigingen dient ook een hernieuwde controle door Bouw- en Woningtoezicht te worden uitgevoerd. Wat misschien een risico voor de tijdsplanning is.

Bij geïntegreerde contracten (o.a. D&C contracten) waarbij het ontwerp bij de aannemer is gekomen, is een samen optrekken van alle partijen gemakkelijker. De aannemer heeft immers de regie in handen en kan daardoor bepaalde wensen (bijvoorbeeld het toepassen van prefabwapening) als randvoorwaarde meegeven aan zijn ontwerpende partij. Het is vanzelfsprekend dat de vlechter aan het begin van het opstellen van de wapeningstekening zijn wensen/ervaringen kenbaar maakt. Indien dit door partijen als het totale projectbelang wordt beschouwd en men bereid is om op basis van gelijkwaardigheid en transparantie samen te werken, zal er beslist een win-win situatie ontstaan.

Er is een tendens dat de constructeur aan de vlechtcentrales berekende mm^2 verstrekt. Indien duurzaamheid (scheurwijdte) maatgevend is voor de wapening, is een opgave in mm^2 niet mogelijk. Dit is niet mogelijk, omdat de controle op scheurwijdte mede door de wapeningsconfiguratie wordt bepaald. Tevens is bij toepassing van dwarskrachtbeugels de laagindeling van groot belang.

Gezamenlijk komen tot een wapeningsprincipe is zeer wenselijk, misschien moet gesteld worden "is een must". Vast staat, dat de constructeur altijd de eindverantwoordelijke is voor de gekozen wapeningsconfiguratie (staafvormen, staafdiameter, h.o.h.-afstand, laslengte, mm^2).



Figuur 15 - De vlechter overlegt met de constructeur over de prefabricage van deze balk met dubbele beugels

Denkend vanuit de voordelen van het prefabriceren van wapening, is het belangrijk dat partijen samen gaan werken, maar ook hun rol anders gaan interpreteren. Vanuit de prefab gedachte moet de vlechter zich ook duidelijk anders gaan opstellen. Vlechters van nu moeten gelijkwaardige gesprekspartners zijn als het gaat over constructief acceptabele oplossingen die uitvoeringstechnisch en planningstechnisch haalbaar zijn, verder denken dan de huidige grenzen. Gelukkig is er een aantal vlechtbedrijven die hier al aardig mee op weg zijn. Vlechten wordt dan meer dan alleen het leveren van vlechters en / of wapening.

4. Arbo aspecten

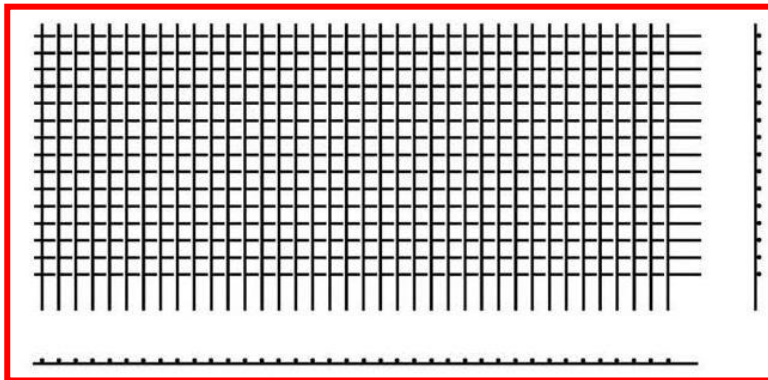
Bouwen is een zwaar beroep. Bouwvakkers worden op oudere leeftijd in toenemende mate arbeidsongeschikt. Al jarenlang ligt dit ziekteverzuim onder vuur. Zakken cement, kalk en zand mogen niet meer dan 25 kg wegen. Metselaars zien het te metselen blokgewicht teruggebracht van 45 kg (twee man) naar 14 kg. Straatmakers gaan (langzaam) over op machinaal straten met vacuümapparatuur. Voor glaszetters wordt er een scala aan hefapparatuur ontwikkeld.

En het vlechtberoep? Het hoort zonder twijfel tot één van de zwaarste bouwberoepen. Zijn er ontwikkelingen? Ja. Al heel lang is het handmatig knippen en buigen van onze bouwplaatsen verdwenen en vervangen door machinaal en geautomatiseerd knippen en buigen in centrales. En het vlechten zelf, het aanvoeren, plaatsen en binden van de losse staven tot balk-, kolom-, wand- en vloerwapening? Voor het binden zijn bindapparaten ontwikkeld. Ze worden nog maar spaarzaam gebruikt. Het niet altijd kunnen gebruiken en de storingsgevoeligheid zal hier wel debet aan zijn. De verwachting is, dat pas bij opgelegde verplichting om deze apparaten te gaan gebruiken, hier verandering in zal komen met alle voordelen van het verder gezond maken van dit lichamelijk zwaar bouwberoep.



Figuur 16 - Een bindapparaat

Het uitlopen en op zijn plaats brengen van de staven is zwaar werk en staat onder stevige druk van wetgever, arbodienst en arbeidsinspectie. Meer dan 25 kg tillen per man is verboden. Met vele mensen uitlopen van staven mag niet meer. Maximaal twee man en 50 kg samen zegt de wet. Zelfs een simpel B-netje met Ø 8 – 150 (5950 X 2500 mm) mag, als er mechanisch getild kan worden, niet met de hand op zijn plaats worden gelegd, want het weegt 69.44 kg! Er zal een kraan voor moeten komen.



Figuur 17 - Een B net

Uit de huidige Arbo eisen volgt, dat voor het op zijn plaats brengen van wapening (veel) meer kraantijd nodig is. Aparte kranen voor alleen de vlechters kan hier het gevolg van zijn. Vlechters zullen dat in hun aanbiedingen moeten (gaan) aangeven.

Het probleem is echter, dat een kraan niet altijd kan worden gebruikt. Een bekend voorbeeld daarvan is het leggen van netten bij in aanbouw zijnde fabriekshallen. Na het heien en de betonnen randbalken en poeren wordt de staalconstructie inclusief

beplating geplaatst. Daarna volgt de betonvloer, die zonder weersinvloeden gestort kan worden en gevlinderd. Voor de netten kan een verreiker niet gebruikt worden omdat er niet gereden kan worden over de werkvloer.

Dit is een voorbeeld van een situatie waar bij hoge uitzondering, tot eind 2011, met maximaal vier personen, tot maximaal 100 kg, mag worden getild. Na 2011 zullen tilhulpen moeten worden ingezet

Zowel op de bouwplaats als mede in de centrales moeten risico-inventarisaties en evaluaties worden gemaakt. Aspecten hiervan zijn onder andere:

1. lichamelijke belasting
2. werkdruk
3. lawaai
4. onveiligheid.

Met behulp van het A-blad "Betonstaal verwerken" en andere Arbouw publicaties kan er veel verbeterd worden aan de werkomstandigheden op ieders werkplek. Elke bouwplaats en centrale zal daaraan moeten werken.



Om het vlechten op de bouwplaats qua arbeidsomstandigheden echt belangrijk te verbeteren is er meer nodig dan een Arbouw publicatie. Hier is maar één goed antwoord: voeg de losse staven en netten samen tot zwaardere prefab korven, die wel met de kraan moeten worden geplaatst. Hoofdstuk 5 en 6 tonen hiervan vele mogelijkheden en voorbeelden.

Figuur 18 - Een op de bouwplaats gemaakt prefab kruisnet van Ø25-200 # met een maximale afmeting van 16 x 8 meter(!!) voor de LNG tanks

5. Automatisering in wapeningscentrales

Het toepassen van geprefabriceerde wapening kan met onderdelen die al of niet standaard in de wapeningscentrale zijn vervaardigd en op het werk nog aangevuld worden met het nodige handwerk. De bekendste toepassing daarvan is de wapeningsnetten. In de afgelopen jaren zijn er echter vele mogelijkheden bijgekomen door automatisering in de wapeningscentrales. Dit is een ontwikkeling die volop gaande is en nog vele jaren zal doorgaan. Als gebruikers meer van deze producten gaan toepassen, zal dat voor de centrales een extra stimulans zijn tot het aanschaffen van meer automaten. Om te laten zien waartoe de centrales medio 2009 in staat zijn, hier een overzicht van deze automatisering in de centrales.

5.1. Pasnetten

De bekende voorraadnetten, door velen ook letternetten genoemd, worden gemaakt door gespecialiseerde nettencentrales. Deze centrales zijn doorgedaan met het geautomatiseerd maken van wapeningsproducten. Te noemen zijn de supportliggers en de pasnetten. Pasnetten worden op bestelling van de klant met dezelfde machines gemaakt. Daarbij is een zekere seriegrootte gewenst. Deze pasnetten zijn dan afgestemd op de afmetingen en wapeningshoeveelheden van de betonconstructie van het project. Als levertijd moet met 5 werkdagen rekening worden gehouden. Kleine hoeveelheden pasnetten kunnen ook door de wapeningscentrales worden gemaakt. Deze netten worden dan niet gelast door de puntlas methode, maar gelast door middel van Mig-mag lassen.



Figuur 19 - Stapels pasnetten

5.2. Rolmatten



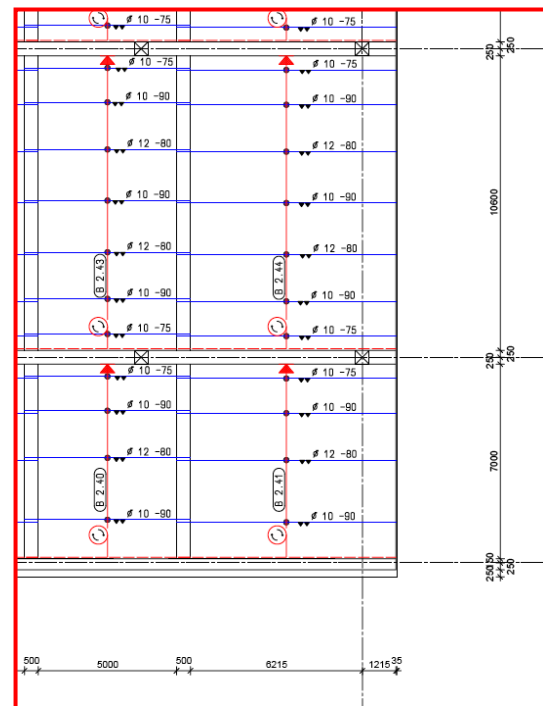
Figuur 20 - Rolmatten in opslag op een bouwplaats

Rolmatten zijn opgerolde halve netten. Twee rolmatten dwars over elkaar heen vormen pas een volledig wapeningsnet.

Rolmatten worden op bestelling gemaakt. Zowel vanuit staven als vanaf de rol worden de staven geknipt en gelast op bandstaal. De lasafstand op het bandstaal bepaald de maaswijdte. De diameter, staaflengte en de maaswijdte mag binnen een net variëren. Hiermee kan de benodigde mm^2 zeer goed worden benaderd. Om het net tijdens het lassen te kunnen oprollen, wordt ter plaatse van het bandstaal h.o.h. 1550 mm een ronde beugel geplaatst. Deze ronde beugels komen vrij bij het uitrollen van de rolmatten.

Rolmatten kunnen in principe met alle staafdiameters worden gemaakt. Het gewicht van een rolmat is meestal 1.500 tot 2.000 kg met een maximum van 2.500 kg. Gezien dit maximale gewicht wordt in de praktijk de maximale diameter beperkt tot Ø 16 en Ø 20. In korte rolmatten wordt ook wel Ø 25 mm verwerkt. Het komt echter ook voor, dat Ø 32 mm als extra staven in rolmatten worden gelast.

Figuur 21 - In één rolmat verschillende diameters en staafafstanden



5.3. Spinmatten

Bij spinmatten is het bandstaal vervangen door gewarteld binddraad. Evenals bij de rolmatten kunnen de onderlinge staafafstanden variëren en kunnen overlappingslassen verspringend worden toegepast.



De voorbeelden in dit rapport laten de grote mogelijkheden zien van rol- en spinmatten. Het is één van de beste oplossingen om het optillen, uitlopen en neerleggen van het zware betonstaal op de bouwplaats in één klap te voorkomen.

Figuur 22 - Spinmatten toegepast bij de overkluizing van de A2 bij Utrecht

5.4. Staafnetten

Staafnetten zijn net als rol- en spinmatten ook halve netten. Staafnetten worden gemaakt vanuit rollenstaal of (geknipte) handelslengten. Bij deze staafnetten zijn ook alle (grote) diameters mogelijk. Alle variaties zijn binnen een net mogelijk, zoals verschillende diameters, onderlinge afstanden, laslengten, sparingen enzovoorts. Een staafnet is een goed antwoord om het zware handmatig uitlopen van de staven te vervangen door het plaatsen met de kraan. Met het toepassen van staafnetten kunnen hoge productiesnelheden worden bereikt.

Figuur 23 - Een opslag van staafnetten

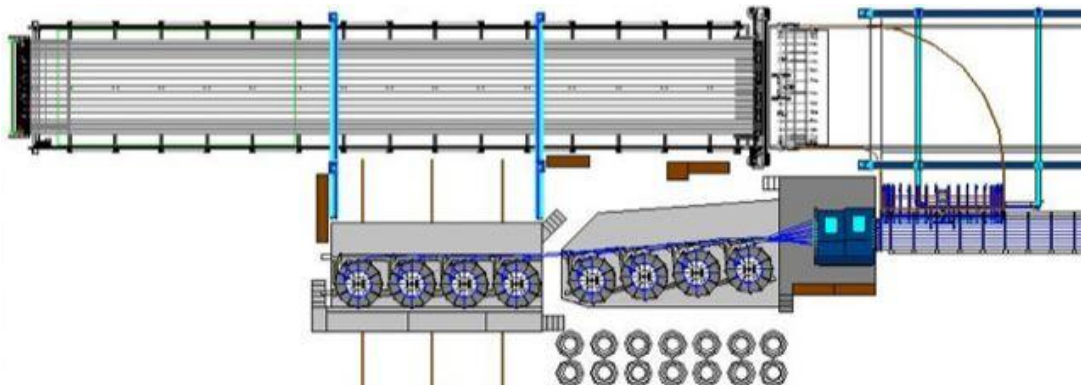




Figuur 24 - Het handmatig Mig-mag lassen

Alle centrales kunnen staafnetten maken door de enkele verbindende staven te lassen doormiddel van mig-mag lassen, het vroegere CO₂ lassen. De beperkingen zijn de te transporteren breedten (en lengten).

Centrales zien een grote toekomst voor deze staafnetten en zij willen hiervoor investeren in grotere lasmachines die volledig geautomatiseerd staafnetten (of complete netten) kunnen maken.



Figuur 25 - De enorme lasautomaat voor staafnetten

Al in 2009 is het mogelijk om als afnemer van de staafnetten zelf de staafnetten uit te tekenen. De centrale stelt hiervoor een computer tekenprogramma beschikbaar. Het resultaat is een productie-/buigstaat. Deze staat wordt per mail naar de centrale gestuurd, die er niets meer aan hoeft te doen. De staat wordt geladen in de nettenmachine die zelfstandig de gevraagde diameters kiest, de staven knipt en last tot netten. Levertijden kunnen tot nul worden teruggebracht door tijdig productietijd van de lasmachine bij de centrale te reserveren. De machine draait 24 uur per dag.



Figuur 26 - De aanvoer en haspelopstelling



Figuur 27 - Het met ladderbanen uitleggen van de staven



Figuur 28 - Het lassen en afleggen van de netten

Het grote voordeel, na een grote investering, is dat de netten geheel automatisch worden geproduceerd vergelijkbaar als bij de grote centrales van de voorraadnetten. Slechts één man zorgt voor de aanvoer en plaatsing van de rollen staal, het wegnemen van de gestapelde netten, het laden van de vrachtauto's met stapels netten en het toezicht op de machine om te kunnen ingrijpen bij stagnaties.

5.5. Prefab korven

De centrales kunnen ook volledige prefab korven maken voor de plaatsing in mallen (prefab beton) of toelevering aan bijvoorbeeld gietbouw projecten. De mogelijkheden zijn hierbij nagenoeg onbegrensd (het moet natuurlijk wel over de weg getransporteerd kunnen worden).



Figuur 29 - Een zeer zware prefab wandkorf

Figuur 30 - Een vingerbuigbank aan het eind van de aflegtafel



Aan het eind van de, in de vorige paragraaf omschreven, vlakke nettenlasmachine kan een vingerbuigbank worden geplaatst die de gelaste kleine netjes kan ombuigen tot kopnetjes in wanden. Op een vlakke tafel wordt een eerste staafnet met de hoofdwapening geplaatst, een slag gedraaid komt daar overheen een tweede staafnet met de verdeelwapening. Daarop komen de gebogen kopnetjes. Vervolgens komen er weer twee staafnetten met de verdeel en hoofdwapening. Na enig bind- en laswerk is het net klaar om te worden vervoerd naar de mal of de bouwplaats. Dit is weer een goed voorbeeld hoe centrales bezig zijn om het zware vlechtwerk op de bouwplaats te vervangen door prefabricage in de centrales.

5.6. Speciale korven

Deze ontwikkeling is nog niet ten einde. Steeds grotere en verder ontwikkelde machines zullen in de centrales het handwerk gaan vervangen. Net over de Nederlandse grens is een machine opgesteld voor het maken van de zwaarste diepwandkorven. De man die de zware lange staven (tot Ø 50 en 24 meter lang) in de korven voert, hoeft er alleen op toe te zien dat het goed gaat. Handkracht is ongewenst, maar ook niet meer nodig. De korven worden op zijn kant gemaakt om het hechtlassen te vereenvoudigen. Na het lassen wordt de korf gekanteld om naar de bouwplaats te worden vervoerd. Het door de centrale zelf uittekenen van de wapening zal hierbij steeds meer nodig zijn.

5.7. Knipautomaten

De grote knipautomaten in de centrales zijn niet te vergelijken met de knipmachines die vroeger van bouwplaats naar bouwplaats werden versleept.

De figuren 31, 32, 33 en 34 tonen een knipmachine die door slechts een knipper wordt bediend. In figuur 31 is hij op de achtergrond te zien.

Figuur 31 - Een gedeelte van de knipautomaat



Figuur 32 - De voorraadvakken.

De knipautomaat is voorzien van voorraadvakken, waar door middel van magneten volautomatisch een afgeteld aantal staven worden opgepakt. Teveel met de magneten gepakte staven vallen weer terug in het voorraadvak.

De staven worden vervoerd naar de goot voor het eigenlijke knipmes. Door middel van aangedreven rollen worden de staven nog steeds automatisch onder het knipmes doorgevoerd naar de aanslag.



Figuur 33 - Door de goot gaan de staven naar het knipmes



Na het knippen rollen de staven door naar één van de vele aflegvakken. Met een lift kunnen de staven ook weer omhoog naar een buigbank. De buigbank is net niet meer rechts op de foto zichtbaar is.

Figuur 34 - De aflegvakken

5.8. Transport in de centrales

Als laatste voorbeeld hoe wapeningscentrales bezig zijn met automatisering om het zware beroep van betonstaalvlechter te verlichten, is het transport in de centrales. Naast de vele soorten van wiel- en rollenbaan transport vinden we transport met bovenloopkranen.

Figuur 35 - Het aanpakken van een bundel staal met 10 tons magneten. De armen zijn in ruststand.





Eén van de jongste ontwikkelingen is het aanpakken met behulp van zware magneten.

De magneten trekken een bos betonstaal uit de hoge voorraadrekken. Om veiligheidsredenen wordt de bos staal over gepakt door een viertal dubbele armen.

Figuur 36 - De armen komen omlaag

Als de bos staal vervoerd moet worden naar de grote knipmachine van figuur 31 dan moeten eerst de bindsels verwijderd worden.



Figuur 37 - Het verwijderen van de bindsels



Figuur 38 - De armen hebben de last overgenomen. De magneten zijn uitgeschakeld

De centrales hebben grote voorraden betonstaal opgeslagen in wandrekken. Ieder vak bevat één diameter met 12 of 14 meter lange staven.

Figuur 39 - De platte wagens kunnen langs en dwars vervoerd worden doormiddel van aangedreven rollen.

In de nabije toekomst zal zeker ook het computergestuurd wagentransport zijn intrede doen, op gelijke wijze zoals de containers onbemand over het haventerrein worden gestuurd.



6. Oplossingen in de bouw

Het prefabriceren van wapening kan op veel manieren. Hierna volgt een groot aantal voorbeelden van prefabricage van standaard constructies, maar vooral van niet standaard constructies. De voorbeelden zijn gesplitst in:

- 6.1 Woningbouw
- 6.2 Utiliteitsbouw
- 6.3 Infrabouw.

6.1. Woningbouw

In de woningbouw zijn de belangrijkste toepassingen van prefab wapening de funderingen en de betonwanden van de gietbouwprojecten. De funderingen kunnen wij onderscheiden in funderingen op staal en op palen. Bij de funderingen op staal zien wij dan de strookfunderingen en de verzwaarde stroken.

6.1.1. Funderingen

Zowel de strookfundering als de balken en wanden geven wapeningsconstructies die meestal eenvoudig zijn te prefabriceren. Iedere wapeningscentrale kan dit leveren. Met de nodige kraan capaciteit zijn deze prefab korven in het werk te plaatsen en zo wordt voorkomen dat er zwaar (door de wet verboden) wordt getild op de bouwplaats.

Om de balken en wanden te kunnen prefabriceren zullen er kleine aanpassingen nodig zijn aan de door de ingenieurbureaus berekende en getekende wapeningen. De centrale kan dit in de regel niet verlangen van deze bureaus. Hun budget is verbruikt. De centrale zal dus zelf de gewenste wijzigingen moeten tekenen en ter goedkeuring moeten voorleggen aan de ingenieurbureaus. Voor het opstellen van de gewenste wijzigingen, het keuren daarvan, het maken van de buigstaten en het prefabriceren is tijd nodig. Het zal duidelijk zijn, dat de vlechter weken eerder de tekeningen voor de levering van de wapening dient te ontvangen om deze procedure van tekenen, goedkeuren en prefabriceren te doorlopen.

Iedere centrale kan de benodigde prefab wapening leveren. Toch zullen de centrales niet met dezelfde oplossing komen. De oplossing waar een centrale voor kiest, hangt af van de mogelijkheden in de centrale. Een kleine centrale zal de beugels op een kleine beugelmachine maken. Grotere centrales hebben daar beugelautomaten voor. Maar er zijn ook centrales die eerst vlakke netten maken en vervolgens in een vingerbank de korven buigen. Eén en ander betekent, dat er geen standaardoplossing is om wapening voor de woningbouw te detailleren. Er zijn verschillende oplossingen mogelijk.



De hierna gegeven details zijn geschikt voor de centrales die beschikken over beugelautomaten en of pasnet-las-automaten met vingerbanken. Wanneer standaardoplossingen in tekenprogramma's van ingenieursbureaus kunnen worden aangepast, verdient het aanbeveling om onderstaande oplossingen te plaatsen in de bibliotheek van deze programma's.

Figuur 40 - Prefab balken met dubbele haken

Ga bij funderingsbalken op palen in de woningbouw zoveel mogelijk uit van een standaard wapeningsdoorsnede die voor alle balken van het project minimaal kan worden toegepast. Voeg staven toe bij balken die zwaarder moeten worden gewapend. De eindgevelbalken zullen al gauw met een onder- en bovenhaak moeten worden uitgevoerd. (Figuur 40 en 41)

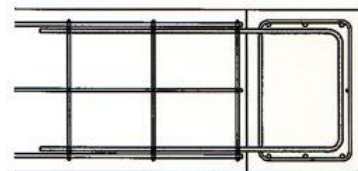


Figuur 41 - Haak onder en boven

De balken onder de woningscheidende wanden aan het eind, uitvoeren met losse haarspelden die uitgeschoven worden in de langsbalken. (Figuur 42 en 43)

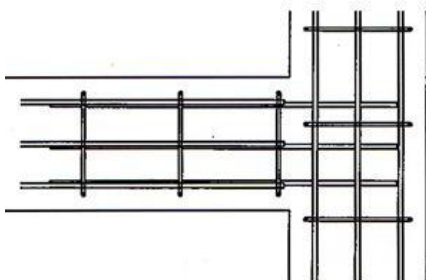


Figuur 42 - Dwarsbalk met losse haarspelden

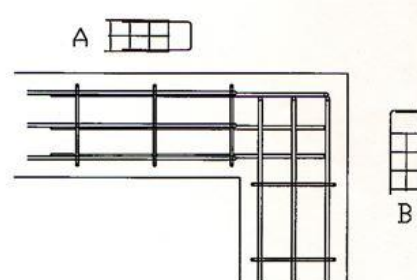


Figuur 43 - In de langsbalk geschoven

Op plaatsen waar in de langsbalken een dwarsbalk komt, dient de flankstaaf te worden weggeknipt evenals bij de hoeken met dubbele haken. (Figuur 44 en 45)



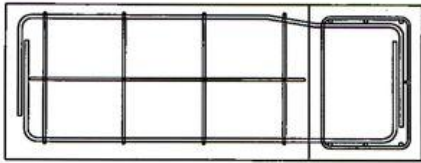
Figuur 44 - Flankstaaf wegknippen



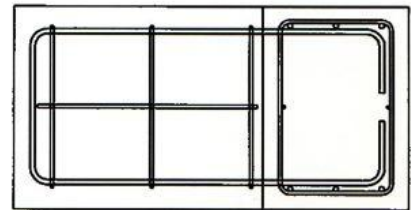
Figuur 45 - Ook bij hoekverbindingen

Het op deze wijze in elkaar schuiven van de prefab gemaakte balkkorven kan bij elk type bekisting worden toegepast.

Korte balken haaks op andere funderingsbalken kunnen met een bajonet worden gemaakt (figuur 46), of met de dwarsbalkwapening in de derde laag (figuur 47) er voor zorgen dat de balken eenvoudig in elkaar kunnen worden geschoven.

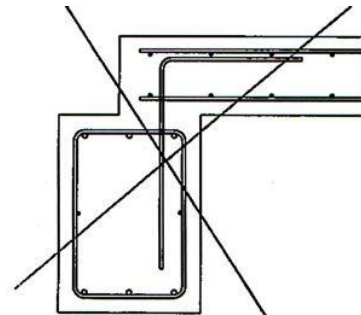


Figuur 46 - Dwarsbalk met bajonetwapening

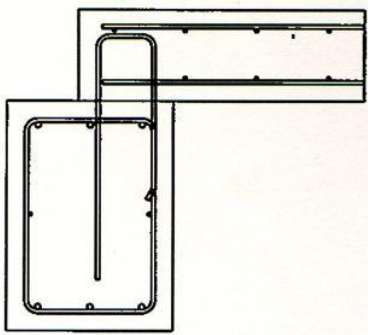


Figuur 47 - Dwarsbalk met wapening in de derde laag

De verbinding van de balkwapening met de vloerwapening niet uitvoeren zoals in figuur 48 is getekend. Bij het voorstorten van de balken ontstaat een gevaarlijke situatie door de uit de balken stekende wapening.



Figuur 48 - Balkwapening met losse haarspelden



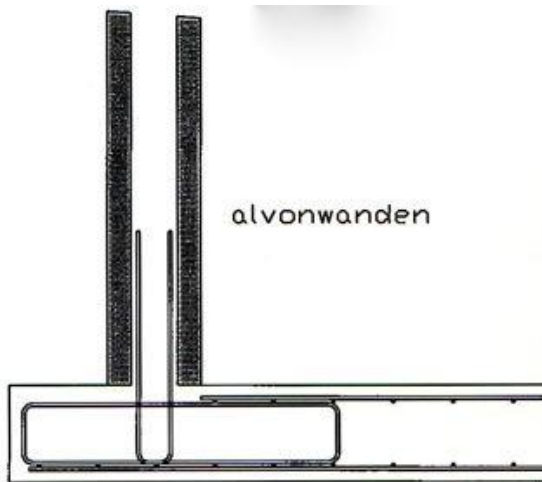
Bij detaillering zoals getekend in figuur 49, is dit gevaar niet aanwezig en kunnen de netten eenvoudiger worden geplaatst dan in figuur 48.

Figuur 49 - Balkwapening met neusbeugels

Liftputwapening kan geheel als prefab wapening op de bouwplaats aangeleverd worden. De foto van figuur 50 is gemaakt bij de prefableverancier waar de korf wacht op afroep door de bouwplaats.



Figuur 50 - Prefab liftput



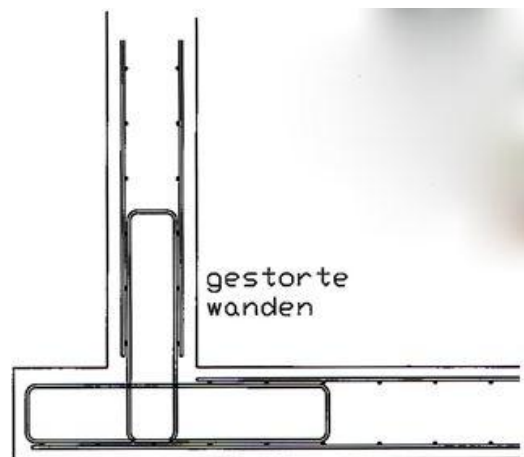
Op keldervloeren kunnen de kelderwanden gemaakt worden met Alvonwanden of met een bekisting.

Figuur 51 laat een oplossing zien met Alvonwanden waar de vloerwapening door het op elkaar stapelen van netten, kan worden gemaakt.

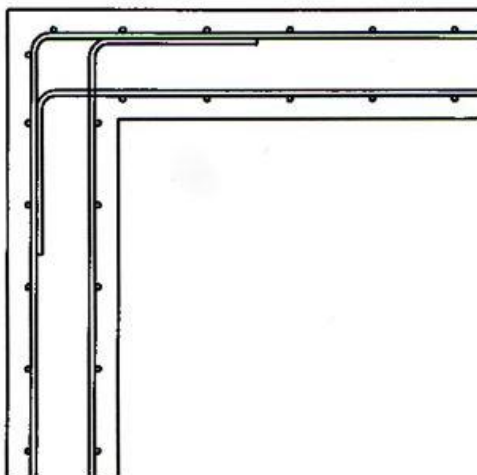
Figuur 51 - Oplossing met haarspeldreken van 2000 mm lengte

Bij bekiste wanden geeft figuur 52 een goede oplossing met prefab netten. Alle netten kunnen door stapelen of aanschuiven geplaatst worden.

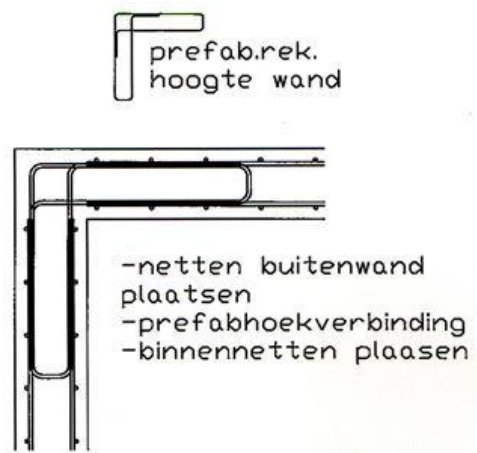
Figuur 52 - Oplossing bij een bekiste wand



De hoekoplossingen niet oplossen met schenkels aan de horizontale wapening zoals in figuur 53 is te zien, maar met een prefab net zoals in figuur 54 wordt weergegeven.



Figuur 53 - Hoekoplossing met schenkels



Figuur 54 - Hoek met los prefab net

6.1.2. Wanden

Wanden in de woningbouw worden veel gemaakt met de gietbouwmethode. Uit de betonopstortingen steken de stekeinden. Na het plaatsen van de stelwand kan de wapening worden geplaatst. Deze wapening is bijna altijd geprefabriceerd. Wij treffen aan:

1. Voorraadnetten
2. Staafnetten
3. Pasnetten.



Figuur 55 - De voorraad netten liggen klaar



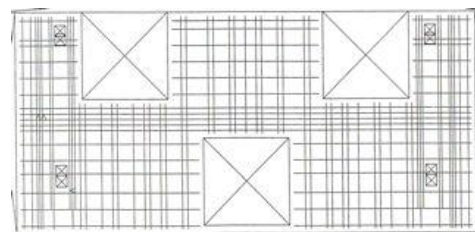
Figuur 56 Eerste voorraadnet geplaatst



Bij staafnetten wordt eerst het net met de verticale hoofdwapening geplaatst en daarna het staafnet met de verdeelwapening. Bij toepassing van staafnetten bespaart men belangrijk op laslengten(materiaal). De wapening kan nauwkeuriger worden afgestemd op de hoeveelheid die de constructeur heeft berekend.

Figuur 57 - Zojiest gemaakte staafnetten

Bij toepassing van pasnetten in woningbouw-wanden kan iedere wens van de constructeur vervuld worden. Er is slechts de beperking dat de netten over de weg moeten kunnen worden vervoerd. De maximale breedte bij horizontaal vervoer is 3,50 m.



Figuur 58 - Pasnet met vele extra's

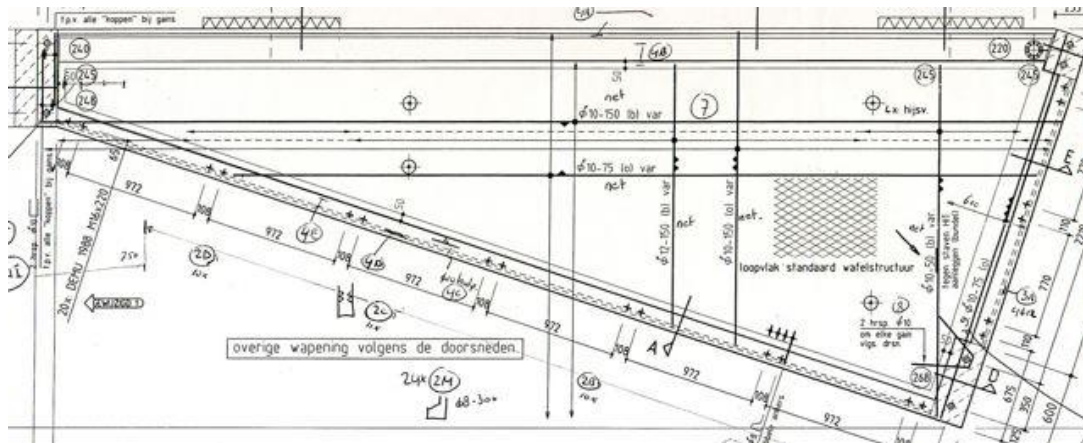
De pasnetten kunnen als enkele netten aangevoerd worden, waarna op de bouwplaats tussen de twee netten de wapening aangevuld moet worden met afstandhouders en haarspeldrekken of gebogen U-netten.



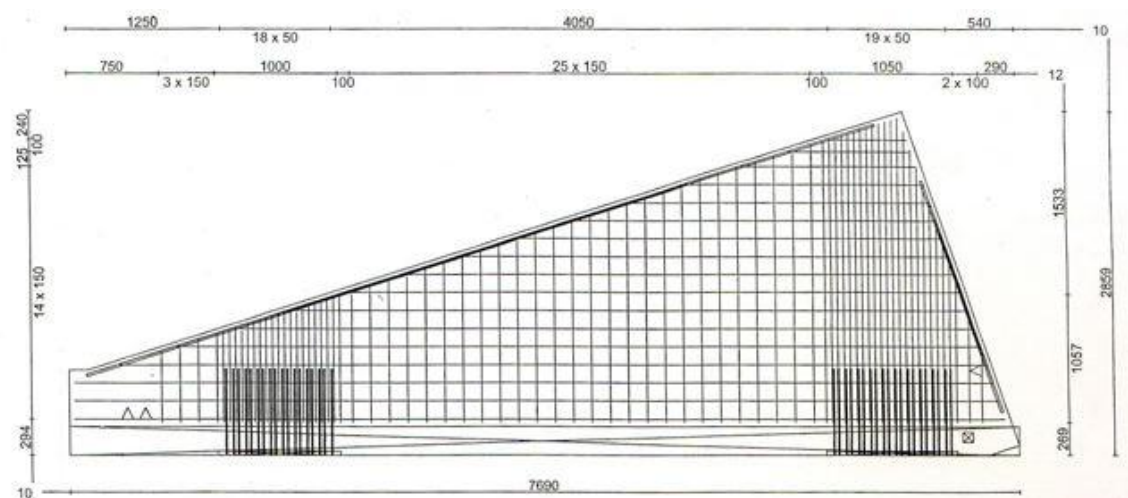
Figuur 59 toont een gietbouw wandnet compleet met een raamsparing en prefab supportliggers als afstandhouders. Dit net kan op de bouwplaats in een keer over de stekwapening geplaatst worden. Hiermee wordt het lichamelijk zware vlechten op de bouwplaats volledig voorkomen.

Figuur 59 - Dubbel pasnet met raamsparing voor woningbouw wanden

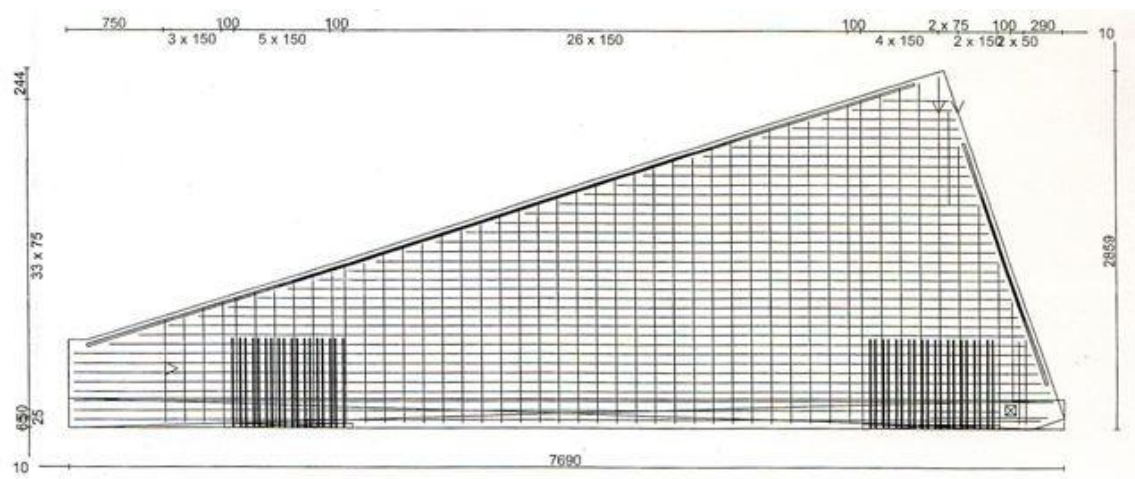
6.1.3. Balkons voor de prefabindustrie



Figuur 60 - De tekening van de constructeur die door de centrale is omgewerkt naar een oplossing in pasnetten



Figuur - 61 Het bovennet voor een balkon uitgevoerd als pasnet



Figuur - 62 Het ondernet. De netten worden volledig automatisch gemaakt op een lasmachine voor pasnetten.

6.2. Utiliteitsbouw

6.2.1. New Babylon rechthoekige kolommen

De uitstekende verdiepingen van het gebouw worden onder andere gedragen door twee V-vormige kolommen. Deze V-vormige kolommen staan op twee rechthoekige kolommen van twee verdiepingen hoog.

De twee rechthoekige kolommen met een hoogte van 10 meter worden in de wapeningscentrale geprefabriceerd. Begonnen wordt met de rechthoekige beugels en de 54 staven $\varnothing 40$ tot een korf te vlechten inclusief de dwarskrachtbeugels. Daarna worden de 84 staven $\varnothing 40$ ingeschoven. Inclusief de afsluitende beugels ontstaat zo een korf met een gewicht van 8.500 kg.



Figuur 63 - Het Babylongebouw in Den Haag



Figuur 64 - De basiskorf met 54 staven $\varnothing 40$



Figuur 65 - De 84 staven $\varnothing 40$ zijn er aan toegevoegd.

In figuur 66 is de korf te zien met drie lagen hoofdwapening aan elke zijde. In de wapeningscentrale kan dit arbeidsvriendelijker worden gemaakt dan op de bouwplaats.

Op de bouwplaats is ondertussen de funderingspoer met de stekwapening $\varnothing 40$ ter plaatse gevlochten.



Figuur 66 - Korf met drie lagen hoofdwapening aan elke zijde

Na het storten van de poer kan de aangevoerde prefab korf met een kraan over de stekwapening worden geplaatst.



Figuur 67 - De funderingspoer met de stekwapening Ø 40



Figuur 68 - De 8.500 kg zware korf wordt over de stekwapening geplaatst

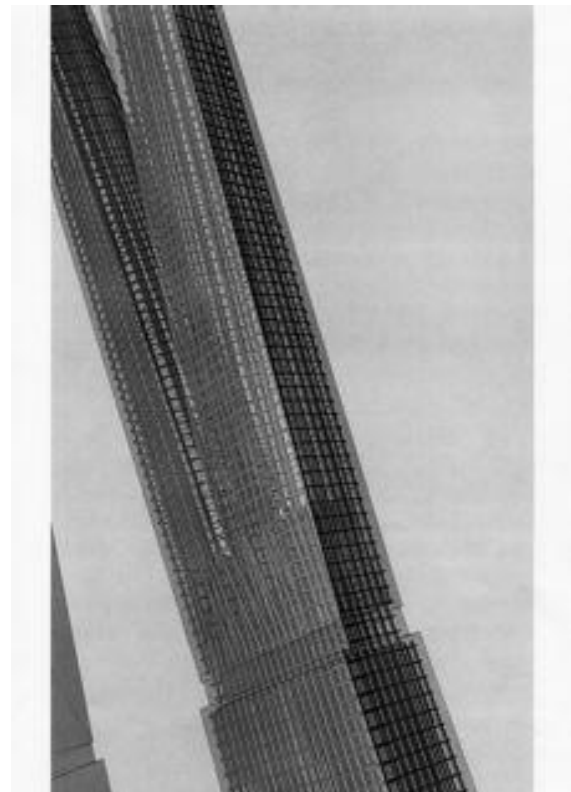
6.2.2. New Babylon V- kolommen

De 24 meter hoge V- kolommen worden in stortmoten van 5 meter hoog gemaakt. De kolommen worden gedeeltelijk voor geprefabriceerd en deels in het werk gevlochten.

Per moot zijn 23 beugels, van de taps toelopende delen, in de centrale met vijf staven Ø 12 en twee staven Ø 20 als hulpwapening tot een korf gelast. De horizontale beugels zijn vijfhoekig van vorm.

Als de rechthoekige kolom is gestort en de stelbekisting van het volgende stort is gesteld, kan de prefab beugelkorf over de stekken worden geplaatst. Voor de V-vormige kolom zijn twee van deze korven nodig, die onderin tegen elkaar beginnen.

Figuur 69 - Drie dimensionale tekening onderkolom en V-kolom



Door middel van een drie dimensionale tekening van de onderkolom en de V-kolom (figuur 69) wordt de tekening gecontroleerd op ontwerpgebreken en uitvoerbaarheid. Een 3-D tekenprogramma wordt hiervoor in toenemende mate gebruikt.



Figuur 70 - De prefabkorf uit de wapeningscentrale met vijfhoekige beugels



Figuur 71 - De eerste korf is geplaatst over de stekken van de rechthoekige kolom



Figuur 72 - De dubbele korf is geplaatst tegen het stelschot. De korven gaan al uit elkaar lopen.



Figuur 73 - Door het gebruik van mechanische koppelingen blijft er voldoende stortruimte over.



Figuur 74 - Totaal 38 staven Ø 40 moeten de vlechters in de prefab korf laten zakken en in de mechanische koppelingen vastdraaien



Figuur 75 - Om de staven verder met een momentsleutel te kunnen aandraaien, is de vlechter in de kolomwapening afgedaald

6.2.3. Nederlands Instituut voor Beeld en Geluid

Boven de hoge ontvangsthal steunt de 22 meter lange vloer op drie A-kolommen. In plaats van een balk over de A kolommen, fungeert de buitenwand als oplegging van de vloer met VIP-liggers. Aan de andere kant liggen de liggers op een uitkragende betonbalk.

De balk is in een wapeningscentrale geprefabriceerd, omdat het ter plaatse inbrengen van de staven een probleem vormde en vanwege de lange productietijd van ter plaatse vlechten.



In figuur 76 is vanuit de kraan te zien dat links de zware balk voor de oplegging van de VIP-liggers ligt. Er naast krijgt men een blik in de ondergrondse kelders voor de beeld- en geluidarchieven.

Figuur 76 - Zicht vanuit de kraan



Figuur 77 - De aangevoerde balk wordt in het werk gehesen

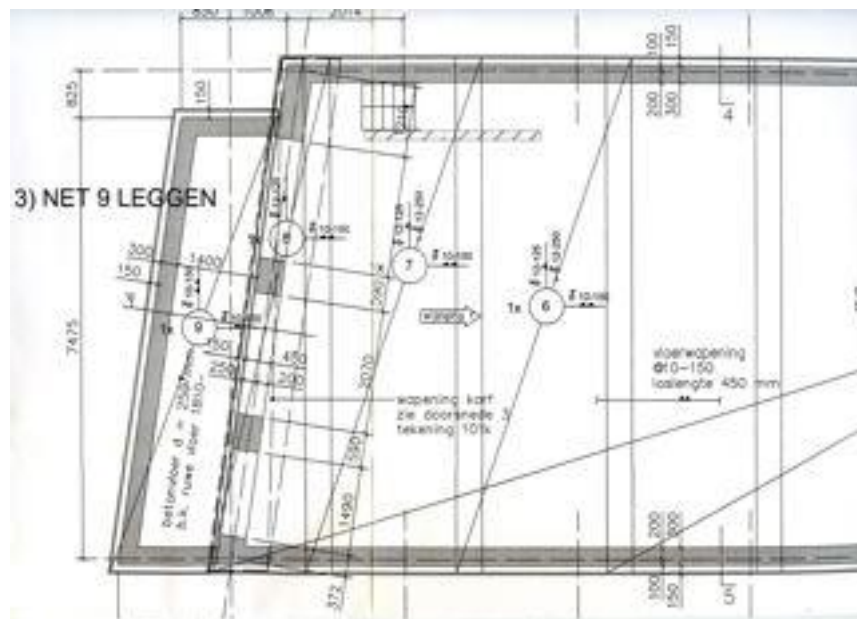


Figuur 78 - Ook na plaatsing moet er nog veel wapening aan worden toegevoegd. De mechanische koppelingen laten dat zien.

6.2.4. Keldervloer Dorpshuis Opdam

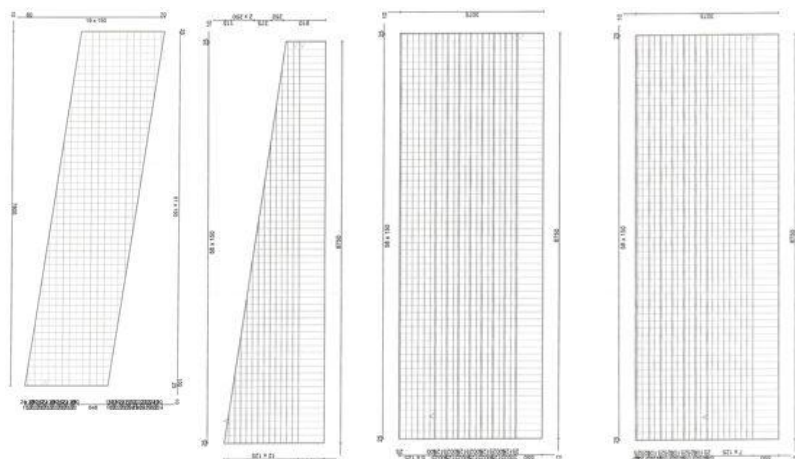
De keldervloer is 34 x 9 meter met twee schuine kopwanden. Wapenen met losse staven vergt veel arbeid en procestijd. Wapenen met voorraadnetten is sneller en vergt meer kg staal.

Figuur 79 - De tekening van het ondermet



De oplossing is pasnetten: minste procestijd en arbeid en totaal geen knipverlies.

De pasnetten zijn hier maximaal 9.90 m lang en 3.07 m breed en 343 kg zwaar.



Figuur 80 - Vier van de 14 netten voor de ondervloer

6.2.5. Prefab op de KPN toren



De bekende KPN verbindingstoren langs de ringweg A10 van Amsterdam moet uitgebreid worden. Op 70 meter hoogte moet een zware ringbalk met een diameter van 10.70 m en 2.10 m hoog gewapend worden met een wapeningskorf van 26.000 kg. In plaats van op grote hoogte in weer en wind te vlechten, heeft de vlechter gekozen voor prefabricage op de begane grond.

Figuur 81 - Begonnen wordt met enkele beugels op een vlonder van bekistingplaten



Figuur 82 - De vlechters kunnen er aan alle kanten bij om in alle rust de korf vorm te geven



Figuur 83 - De korf is gereed om aangepikt te worden

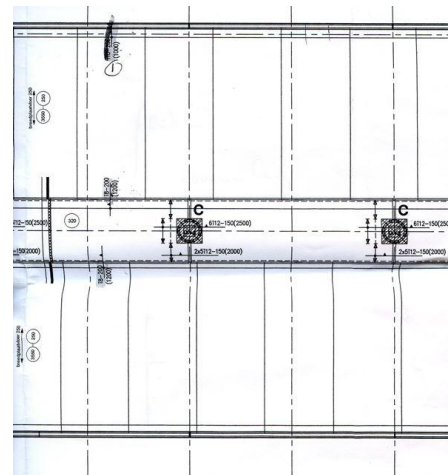


Figuur 84 - De korf wordt met een zware mobiele kraan met een verlengde jib giek naar 70 meter hoogte gehesen

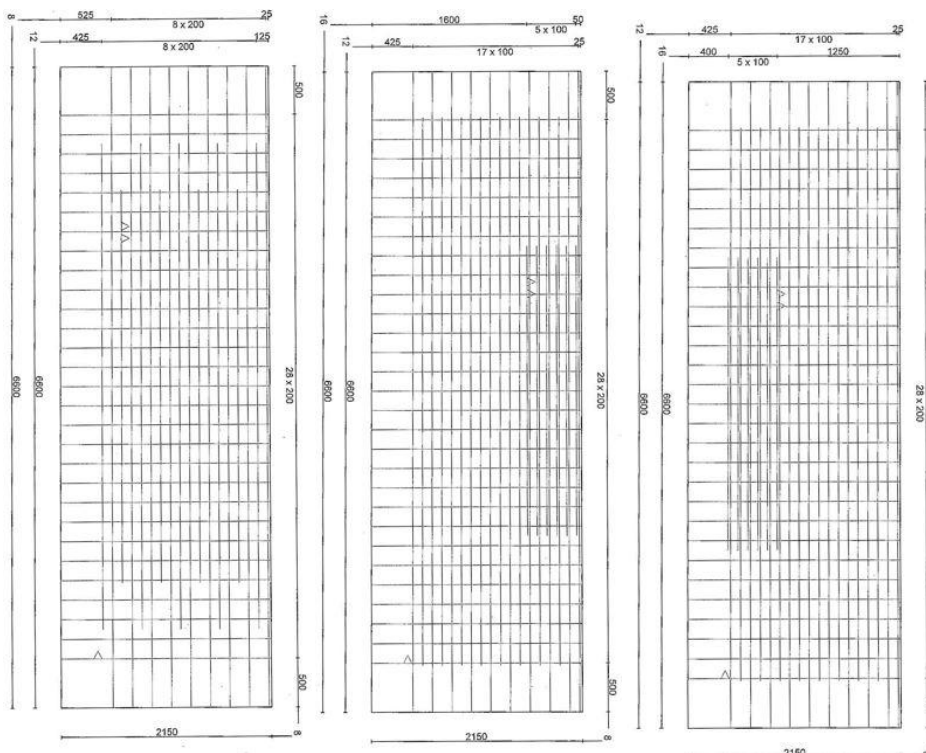
De constructeur hoefde de wapening niet aan te passen om deze prefabricage mogelijk te maken.

De twee beukige eerste verdiepingsvloer met bekistingsplaatvloeren wordt gemaakt met kolomstrook platen en veldplaten.

Het bovennet op de uit de beton stekende supportliggers heeft de constructeur van de Omnia vloeren bedacht met kruisnetten B257 Ø 7 -150 # (gewicht 55.64 kg /net) over de hele verdieping met veel losse staven.

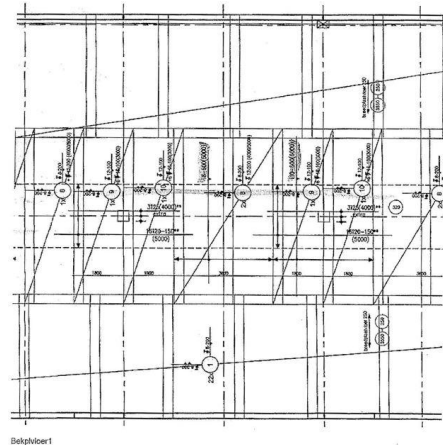


Bekhyder2



in alle netten onder 29
Ø 8

Het hier door de wapeningscentrale ontwikkelde concept met pasnetten, is een goed voorbeeld voor de constructeurs van de bekistingsplaatleveranciers.



De parkeergarage van het kantoorgebouw Carrefour heeft een oppervlakte van 27,50 x 180 meter. Na het slaan van de stalen damwandkuip en het heien van de palen is de hele vloer gewapend met rolmatten. Het is één van de grootste projecten met rolmatten in Nederland.

A photograph showing three construction workers on a large, rectangular grid of steel reinforcement bars (rebar) prepared for a concrete pour. The workers are wearing hard hats and safety gear. One worker in the foreground is wearing a striped shirt and a white hard hat, reaching up to adjust a rebar. Another worker in a blue shirt and blue hard hat is also reaching up. A third worker in an orange shirt and orange hard hat is further back, using a tool. The rebar grid is composed of many parallel bars, creating a mesh-like structure. The background is a plain, light-colored wall.

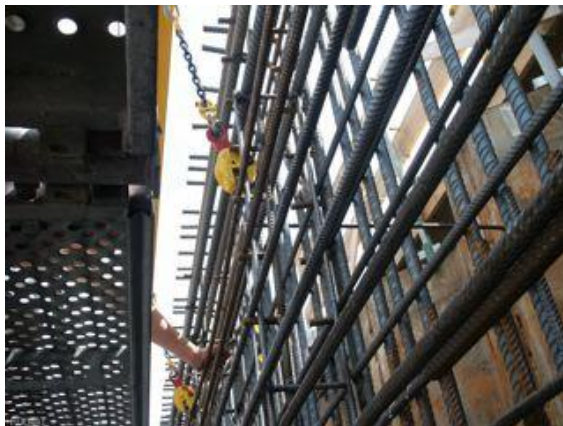
Figuur 90 - Met een speciale klem kan de rolmat worden aangepikt

Figuur 91 - Met evenaar aan tweesprong rolmat optrekken



Figuur 92 - Spiralen losmaken van rolmat

Figuur 93 - Rolmat ophijzen en achter steiger laten zakken



Figuur 94 - Rolmat hangt op zijn plaats op de nokken van de hulpstaven

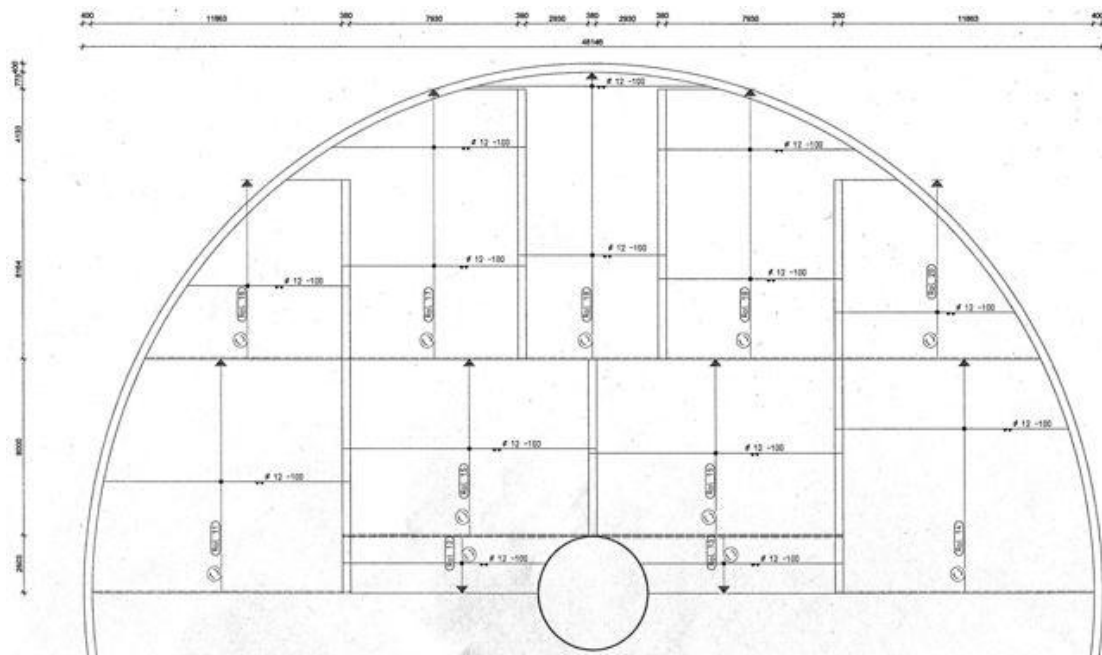
Figuur 95 - Wandwapening met rolmatten

Na de supportrekken en de hulpstaven voor het ophangen van de rolmatten volgt de rolmat voor het binnennet van de wand. Deze rolmat is gelijk aan de rolmat van de buitenwand, dus nogmaals zo'n besparing aan zwaar lichamelijke arbeid en een goed antwoord op de nieuwe Arbo eisen. Deze oplossing verdient uitgebreid navolging.

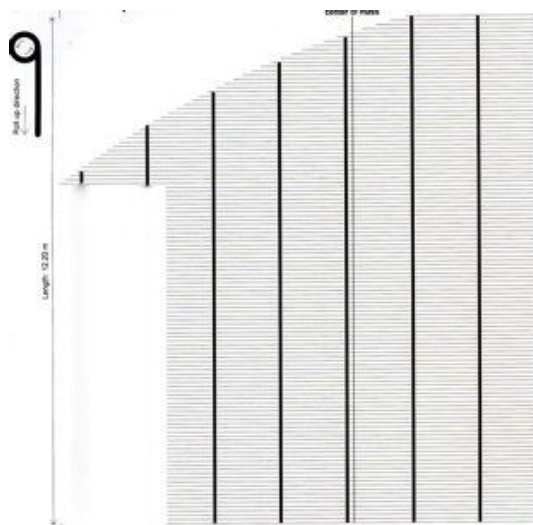


De rolmat wordt vastgemaakt aan de supportrekken waarna de wandwapening compleet wordt gemaakt met verticale staafnetten $\varnothing 16-180 + \varnothing 12-360$ hoog 4,00 meter in de eerste laag. Boven in de wand volgen natuurlijk nog de schenkels voor de aansluiting van de vloer.

6.2.8. RWZI Harnaspolder



Figuur 96 - De halve vloer van een opslagtank uitgevoerd met rolmatten



Het ontwerp in rolmatten met $\varnothing 12 - 100$ #. De eerste laag bestaat uit 10 verschillende netten. Net 15 wordt twee keer in een half veld toegepast. De twee keer elf netten voor een laag van de vloer met een diameter van 48 meter zijn maximaal 12 m breed en 13 m lang met een maximaal gewicht van 1.100 kg. De tweede laag wordt een slag gedraaid.

Figuur 97 - De tekening van net 17. Met 123 staven $\varnothing 12$. Afmeting 12.20 x 11.20 m

Figuur 98 - Net 11 wordt aangevoerd



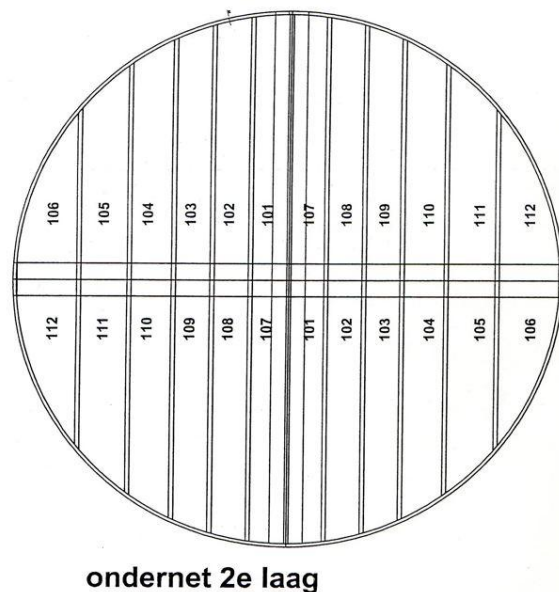
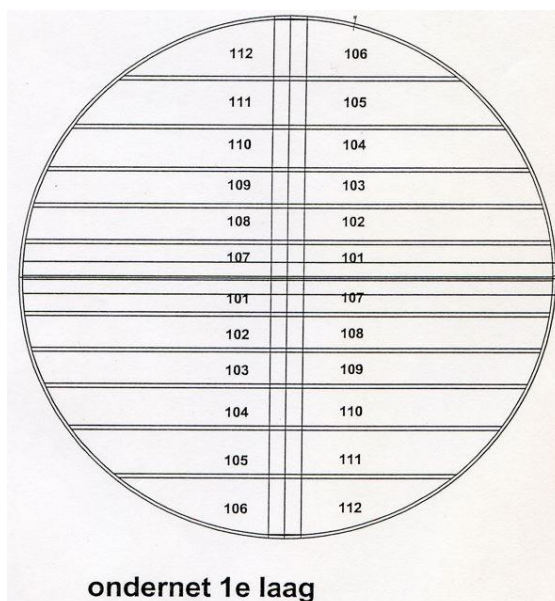
Figuur 99 - Net 11 wordt neergelegd en losgemaakt

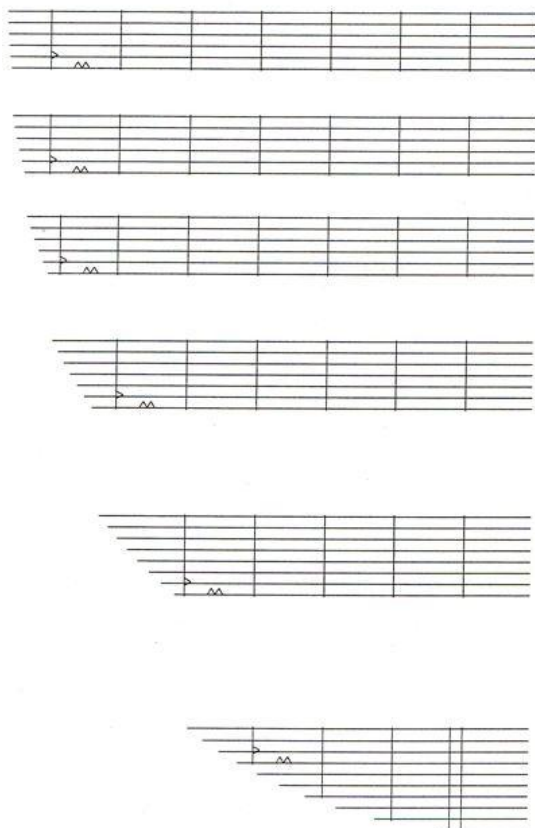


Figuur 100 - Net 11 wordt uitgerold. Totaal 930 kg ligt op zijn plaats zonder een staaf op te pakken!

6.2.9. Vloer vuurwerkfabriek

De betonvloer van de vuurwerkfabriek heeft een diameter van 13 meter en moet gewapend worden met een kruisnet van $\varnothing 16 - 150$. Dit geldt zowel voor het ondernet als voor het bovennet.





Figuur 101 - De eerste zes staafnetten

- 101** Het wapenen met losse staven moet gebeuren met allemaal verloopstaven. Dit is arbeidsintensief en geeft een lange procestijd.
- 102** Voorraadnetten zijn er niet in Ø 16. Als oplossing heeft de
- 103** vlechter/wapenings-centrale gekozen voor staafnetten: staven Ø 16 gekoppeld met hulpstaven Ø 10 – 900.
- 104** De diameter Ø 16 is voor de meeste centrales de zwaarste diameter die verwerkt wordt vanaf de rol. Dus geen knipverlies bij deze
- 105** verloopstaven. Deze netten worden volautomatisch gelast en zijn snel te leveren.
- 106** Het ondernet bestaat uit 12 verschillende netten die vier keer nodig zijn. De netten zijn 4.50 m tot 7.85 m lang en 0.70 m tot 1.35 m breed. Het zwaarste net weegt 70 kg. Dit is net te zwaar om met te hand te plaatsen.

Alle 48 netten kunnen nog een keer worden toegepast voor het bovennet.

6.3. Infrabouw

In de infrabouw is een grote verscheidenheid aan wapeningsconstructies te vinden. Met de nodige inventiviteit zijn voor vele constructies prefab (deel)oplossingen te vinden. De in dit rapport verzamelde voorbeelden getuigen hiervan.

6.3.1. Kolommen voor de HSL

Bij het maken van het Doorgaand Spoorviaduct (DSV) van de HSL is op vele manieren gezocht naar versnelling van het uitvoeringsproces. Bijzondere resultaten zijn bereikt. Als eerste de poeren met de kolomwapening. Op de werkvloer met gesnelde paalkoppen is eerst de poerwapening gemaakt. Over de poerwapening is de randbekisting van de poer geplaatst.



Figuur 102 - De stekwapening voor de kolommen ontbreekt



Op deze poerbekistingen waren al voorzieningen opgenomen voor de plaatsbepaling van de kolomkorven. De gebruikelijke stekwapening in de poeren voor de kolommen bleef volledig achterwege. Alvorens de poeren te storten, is eerst de prefab kolomwapening geplaatst. Deze werkwijze bespaarde 50% van de steklengte van de kolomwapening, en de kolombekisting hoefde niet op de wapening te wachten.

Figuur 103 - Voor het storten van de poeren eerst de kolomwapening plaatsen

Figuur 104 - Het prefabriceren van de kolomkorven op de bouwplaats in eenvoudige mallen

Door ver gaande standaardisatie kon een geavanceerde kolombekisting worden toegepast die hoge productiesnelheden mogelijk maakte.



Figuur 105 - Tussen de prefab kolomkorven wordt de speciale kolombekisting geplaatst

Na plaatsen, afstellen en sluiten van de kolombekisting zijn de kolommen gestort.



Figuur 106 - Prefab kolomkorven wachtend op bekisting

6.3.2. Het Doorgaand Spoorviaduct (DSV)

Het Doorgaand Spoorviaduct is als een trogligger viaduct gemaakt. Twee overspanningen zijn in één keer op een schuifbekisting gestort. De wapening voor de drie zware balken van het viaduct is op de bouwplaats geprefabriceerd. Deze vlechtlocatie was bereikbaar voor de twee bovenloopkranen die langs en over het toekomstige viaduct de zware balkkorven konden verplaatsen. Na het plaatsen van de drie korven is het vloergedeelte aangevuld. Hierbij is ook zoveel mogelijk geprefabriceerd. Zo kon een weekcyclus van schuiven, wapenen, storten en voorspannen voor de dubbele overspanning worden gerealiseerd.

Figuur 107 - De wapening is bijna gereed voor het plaatsen van de bovenbekisting





Figuur 108 - De balkkorven worden naast het viaduct geprefabriceerd



Figuur 109 - Acht balken in opslag



Figuur 110 - Inclusief de voorspankabels en eindverankering. Boven span en onder blinde verankering.



Figuur 111 - Voor het aanpakken is een lange evenaar met vele aanpikpunten ontwikkeld



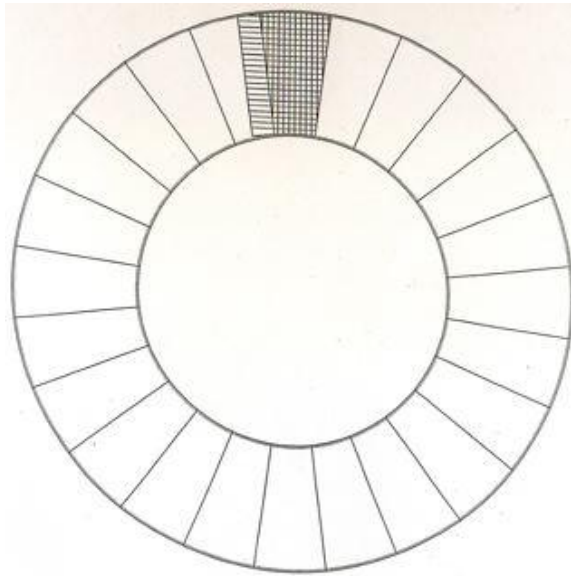
Figuur 112 - Een 35 meter lange balk onderweg naar de bekisting



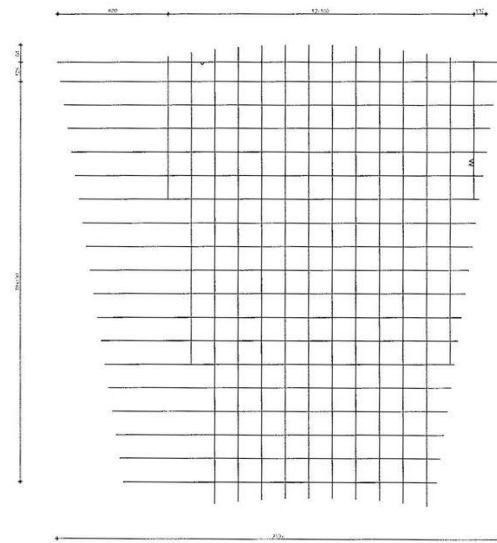
Figuur 113 - Ook op de vloer tussen de balkkorven de nodige prefabricage

6.3.3. Rotondes in Leeuwarden

Voor twee rotondes zijn op een netten lasmachine 24 pasnetten (per wapeningslaag) gemaakt. De wapening bestaat uit $\varnothing 12$ -150 in twee richtingen. Bij toepassing van voorraadnetten had dit belangrijk meer knipverlies veroorzaakt.



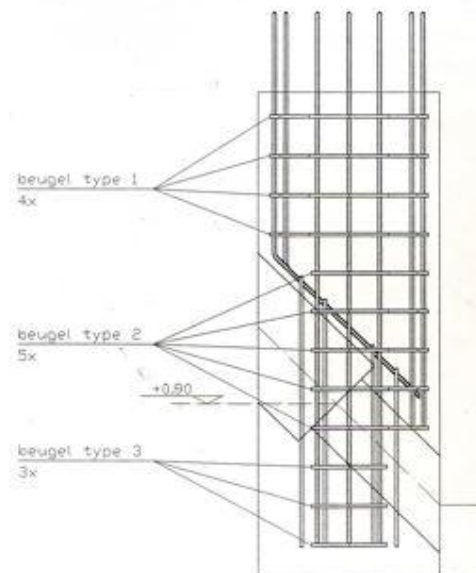
Figuur 114 - Ronde met pasnetten. De netten zijn zo breed dat de laseinden naast elkaar liggen en niet over elkaar.



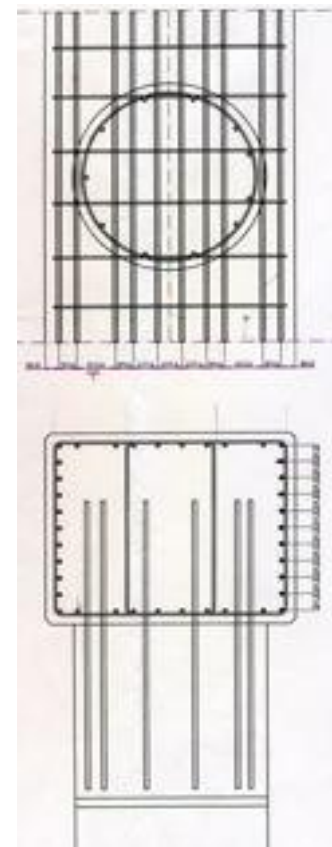
Figuur 115 - Ø 12-150 # 69 kg/net.
 Deze netten kunnen niet meer met de hand worden gelegd.

6.3.4. Buispaal met sloof

In Harlingen is een buispalen wand geheid in de industrie haven. Deze buispalen wand is verankerd doormiddel van schuine trekankers. Over de buispalen wand is een sloof gestort, daarbij is tevens gezorgd dat de verankering van de trekankers in de beton werd opgenomen.



Figuur 116 - Doorsnede buispaal met trekanker en wapeningskorf om en op anker. De stekken verankeren de sloofkorf.



Figuur 117 - Bovenaanzicht en doorsnede van prefab sloofkorf over buispaalstekken

6.3.5. Aanbrug bij Lexkesveer

De aanbrug bij Lexkesveer ligt in de uiterwaarden tussen Wageningen en Randwijk op de linkeroever van de Nederrijn. De aanbrug vervangt een dijk naar de pont. De dijk vormt een belemmering voor de afvoer van water bij hoge waterstanden en moet binnen het programma “Meer ruimte voor de rivier” verdwijnen.

De pijlers bestaan uit een voorgespannen funderingssloof met twee sparingen voor de pijlervoeten. Ieder van de negen pijlers bestaat uit twee gekromde helften van 9 bij 8 meter. Bovenin steunen de helften tegen elkaar en worden verbonden door een natte knoop. Over de pijlers komen prefab liggers.



Figuur 118 - De wapeningskorf van een halve pijler ligt in de centrale gereed om te worden vervoerd naar de betonfabriek



Figuur 119 - Het andere eind van de 5.620 kg zware korf



Figuur 120 - Pijler komt aan op het werk



Figuur 121 - Met twee kranen oppakken



Figuur 122 - Naar de damwandkuip



Figuur 124 - Plaatsen in voorgespannen sloof



Figuur 123 - Sparing voor de natte knoop



Figuur 125 - Wachtend op de liggers

6.3.6. A2 Kruispunt De Hogt Eindhoven

Voor de verbetering van de A2 bij het kruispunt De Hogt zijn veel betonconstructies nodig. Het werk staat onder grote tijdsdruk. Prefabricage van wapening helpt om deze tijdsdruk te verminderen. Een voorbeeld is de pijlerwand van één van de viaducten. De wapening van deze pijlerwand wordt buiten het werk gemaakt. Als de fundering klaar is, kan de prefab korf geplaatst worden.



Figuur 126 - De korf wordt buiten het werk gemaakt op een vlinder met vaste maatvoering voor de volgende korven



Figuur 127 - Aan de korf is men nog bezig



Figuur 128 - De plaats waar de korf moet komen. Op de achtergrond het verkeer op de A2 richting Tilburg – Den Bosch.

6.3.7. A50 met rolmatten

Bij de aanleg van de nieuwe betonnen snelweg A50 tussen Oss en Eindhoven zijn op grote schaal rolmatten toegepast. In het bestek is als eis gesteld, dat de lussen in de wapeningsstaven verspringend moesten worden aangebracht. Een zware eis die de betreffende wapeningscentrale toch met rolmatten heeft opgelost. De eis had tot gevolg, dat de matten in de vorm van een ruit, maar een maximale afmeting



Figuur 129 - De aanvoer van de ruitvormige rolmatten

hebben gekregen van ongeveer 12,30 x 3,50 meter, met een gewicht van 350 kg.



Figuur 130 - Drie matten over de breedte van de bijna 12 meter brede weg

Figuur 131 - De rolmaten op lijnsuporten klaar voor slippaver met de betonspecie



6.3.8. Pijler onder viaduct A2 Holendrecht



Figuur 132 - Direct na het storten wordt de betonspecie vlak afgewerkt. De stekken steken boven de beton uit.

Door de verkanting van het viaduct kent de betonnen sloof onder de pijlers meerdere aanleghoogten.

De vlechter heeft voor het vlechten van de dubbel scheve pijlerwapening er voor gekozen dat horizontaal prefab te doen op een vlonder van bekistingsplaten.



Figuur 133 - De prefab pijlerkorf ligt klaar om in het werk te worden gehesen



Figuur 134 - De dubbel scheve pijlerkorf is over de stekwapening van de sloof geplaatst

De stalen pijlerbekisting is speciaal voor dit viaduct ontwikkeld. Alle benodigde opstellingen zijn met deze pijlerbekisting te maken. Ook de pijlerbalk over de pijlers kan er mee worden bekist.



Figuur 135 - Het stelschot is om de prefab korf geplaatst

Het sluitschot maakt de pijlerbekisting compleet. Het schot is uitgevoerd inclusief de benodigde werkbordessen, die het werken in en op de bekisting vereenvoudigen.

Figuur 136 - Het plaatsen van het sluitschot

geprefabriceerd. Het grootste deel van de wapening wordt boven op de bekisting gevlochten. Een ondersteuning wordt in zes keer gestort.

De wapening voor de pijlerbalk over de pijlers wordt gedeeltelijk



Figuur 137 - De ondersteuning is gereed voor het opleggen van de prefab balken over de pijlers. De automobilist op de A2 zal deze fraaie pijlers niet kunnen zien

6.3.9. Voegslabkorven voor de HSL tunnels

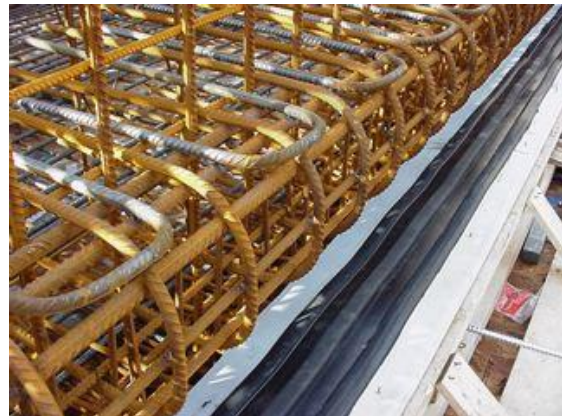
De zeer bewerkelijke voegslabkorven voor de moten van de afzinktunnels worden nagenoeg altijd geprefabriceerd om dit stukje werk buiten de cyclus te houden.



Figuur 139 - De eerste helft van het kopschot is geplaatst. Het is zodanig vormgegeven dat de voegslab vrij op zijn plaats kan worden gebracht.



Figuur 138 - De prefabkorf met ruimte voor de voegslab.



Figuur 140 - Nu kan het tweede deel van het kopschot worden geplaatst.

6.3.10. Dwarskracht korven



Dwarskrachtwapening in vloeren en dekken van moten in de (afzink)tunnels kunnen soms als balken buiten de cyclus worden geprefabriceerd. Dit heeft een zeer gunstige invloed op de cyclusduur van de tunnelmotten.

Figuur 141- Geprefabriceerde balken met dwarskrachtbeugels in opslag

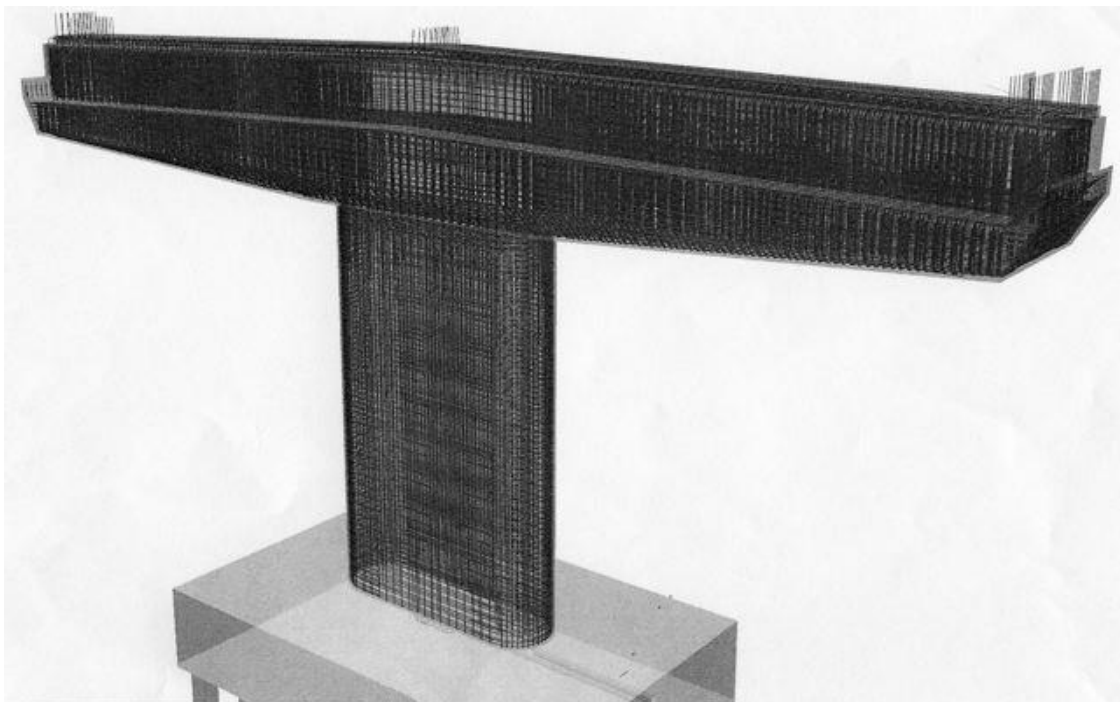
Dwarskrachtwapening is namelijk altijd zeer arbeidsintensief. De prefab balken worden op de eerste laag van het ondernet geplaatst. Een belangrijke besparing op de hulpwapening. Wel dient tenminste 50% van de hoofdwapening door deze dwarskrachtbeugels te worden omsloten. Voorts moet men zich realiseren dat overlappingslassen de volledige lengte dienen te hebben.

Figuur 142 - Toepassing korfjes van halve dwarskrachtbeugels

In figuur 142 zijn korfjes van halve dwarskrachtbeugels toegepast, waar alle hoofdwapening in het ondernet nog aan moet worden toegevoegd. Lijnsupporten zijn in deze oplossing nog nodig. Na de laatste laag van het bovennet wordt de dwarskrachtwapening compleet gemaakt door het insteken van net zoveel dwarskrachtbeugels door het bovennet. Een arbeidsintensieve en bouwtijd vergende oplossing



6.3.11. Westrandweg Amsterdam



Figuur 143 - Een 3D tekening van de wapening van de pijlerkolom en pijlerbalk

De Westrandweg vormt de verbinding tussen de tweede Coentunnel en rijksweg A5 langs Schiphol. De weg kruist meerdere spoorlijnen, de Haarlemmer trekvaart, de N200 naar Haarlem, havens en industrieterreinen. De tunnel en de weg ontlasten het westelijke deel van de ring om Amsterdam. Verkeer uit Noord-Holland richting Leiden zal deze verbinding gebruiken. De Westrandweg rust voornamelijk op zware poeren, pijlers en pijlerbalken.

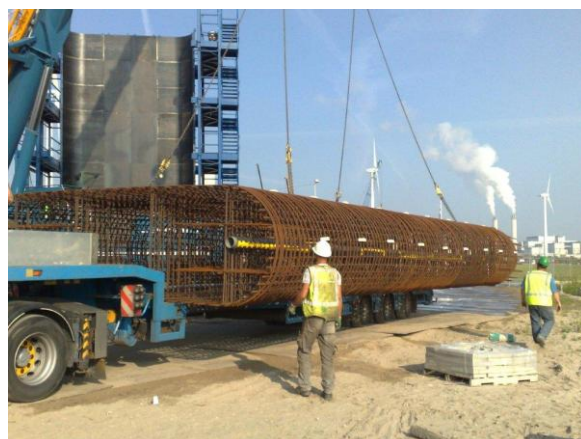


Figuur 145 - De 3D tekening van de wapening pijlerkolom

De pijlerkolommen zelf zijn 6 meter breed en 8 tot 9 meter hoog. In verband met de grote afmetingen van de pijlerkolom wordt de hele korf in één deel geprefabriceerd op

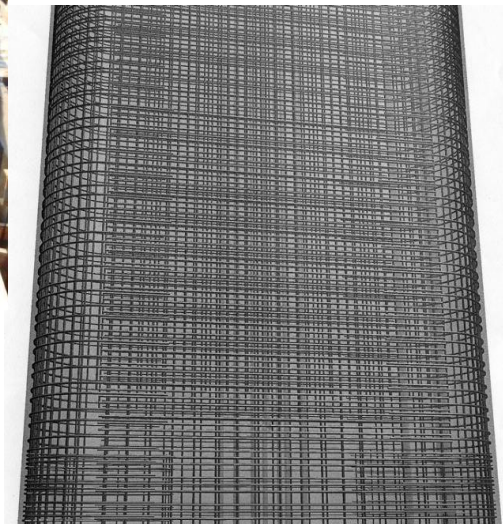


Figuur 147 - De vlechters hebben er lol in om op deze eenvoudige wijze een pijlerkolom korf te vlechten.



De poer onder de pijlerkolom wordt voornamelijk in het werk gemaakt.

Figuur 144 - De pijlervoet binnen een tijdelijke damwandkuip



een tijdelijke houten vlonder Het gewicht van de complete kolomwapening die op de poer wordt geplaatst, is 12.000 kg.

Figuur 146 – Het prefabriceren van de pijlerkolom. De pijlers worden in een weekcyclus door de aannemer gebouwd. Toch kunnen de vlechters een volle week besteden aan een kolom vlechten. Tijdens bekisten en storten kunnen zij gewoon doorgaan. Een groot voordeel van prefabricage



Figuur 148 – De korf is vervoerd naar de kolombekisting

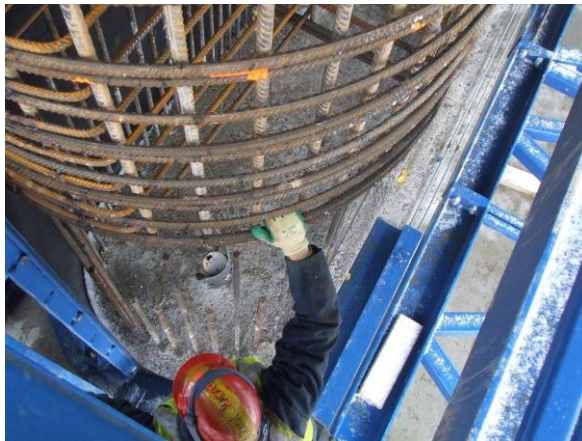


Figuur 150 - De kleine kraan kan losgemaakt worden

Figuur 149 – Met twee kranen de korf rechtop zetten.



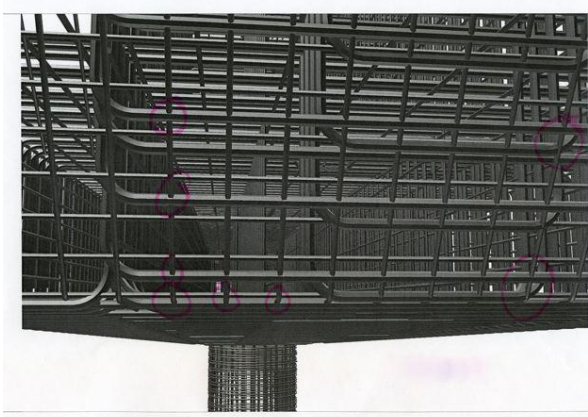
Figuur 151 - De korf zakt over de stekeinden



Figuur 152 – Na het plaatsen van de sluitbekisting kan de pijlerkolom worden gestort

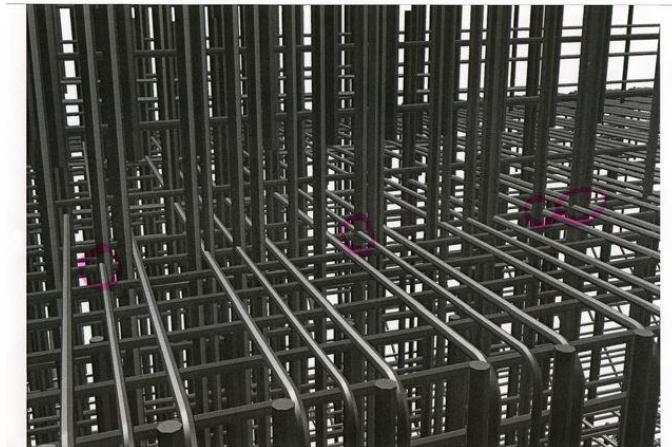


Figuur 153 De 3D tekening van de kop van de pijlerbalk



De pijlerbalk is 27,5 meter lang, 3,50 meter breed en ook zo hoog. Vanwege de gevraagde productiesnelheid wordt ook deze balk in zijn geheel geprefabriceerd, compleet met voorspanning. De korf wordt over de bouwweg naar de locatie gereden en op de gestorte pijlerkolom in de pijlerbekisting geplaatst.

Figuur 154 - De oplegneus van de pijlerbalk met omhoogstekende wapening. Elke tweede horizontale beugel gaat door de omhoogstekende wapening heen in plaats van er langs.

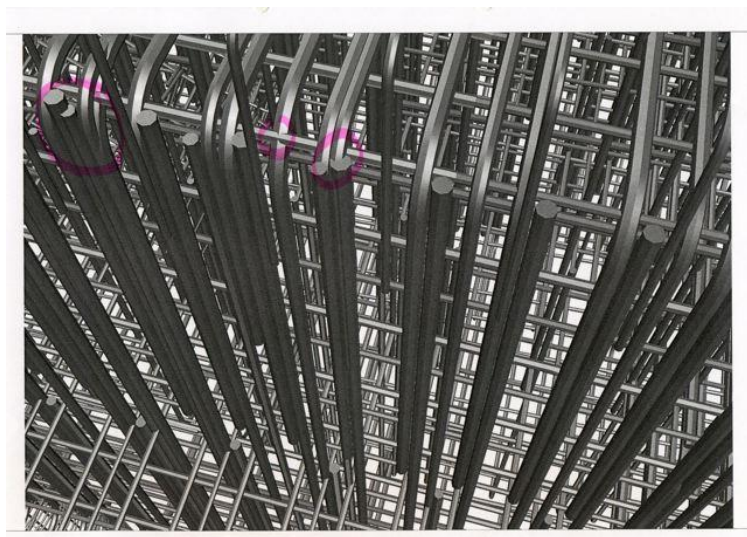


Figuur 155 - De proefopstelling: dezelfde plaats als van de vorige figuur maar nu aan het eind van de pijlerbalk nabij de spankoppelen van de voorspanning. Allemaal $\varnothing 32$ tegen elkaar.

De hoge wapeningsdichtheid maakt het noodzakelijk, dat de constructeur de tekeningen gelijk in 3D heeft getekend met Allplan. Zoals de figuren laten zien moeten vele conflictsituaties worden opgelost.

Ook is een proefopstelling gemaakt om constructieve en uitvoeringstechnische problemen te onderkennen en op te lossen voordat de pijlerbalk in productie is genomen in de wapeningscentrale en de prefab locatie.

Figuur 156 - De balk gezien van bovenaf. Wanneer de 3D tekening flink wordt ingezoomd, is duidelijk te zien, dat een aantal omhoog getekende staven eerst verschoven moeten worden voordat deze korven kunnen worden geprefabriceerd.





Figuur 157 - De aannemer heeft een uitgebreide mal aan de vlechter ter beschikking gesteld om de complexe pijlerbalken te kunnen prefabriceren

Figuur 158 - De vlechter is begonnen met de eerste laag wapening. Voor de korf heeft hij een volle week de tijd binnen de weekcyclus van de pijlerbouw. Zonder prefabricage was een weekcyclus niet mogelijk geweest



Figuur 159 - Ook heeft de aannemer een hijsbalk laten maken met meerdere takels die handmatig kunnen worden bediend



Figuur 160 - Het ophijzen van de geprefabriceerde pijlerbalkwapening uit de mal



Figuur 161 - Na het transporteren van de 27.50 meter lange en 3.50 meter brede pijlerbalkkorf naar de pijlerkolom waar de bodemplaatbekisting onder de juiste verkanting klaar ligt, kan de korf geplaatst worden. De 160 ton zware prefab kokerliggers voor het dek worden met een traverse wagen geplaatst



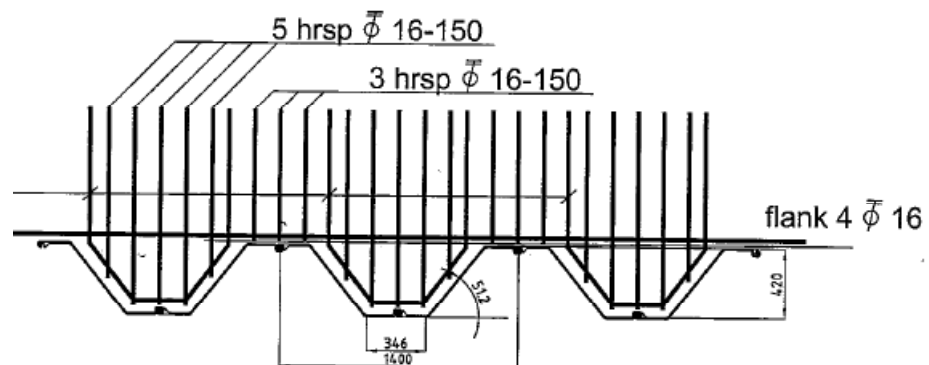
Op dit werk worden alle ombuigingen nog gebogen met een buigdoorn van 5xd (d is de diameter van de wapeningsstaaf). De figuren laten zien dat bij grote diameters deze ombuigingen snel leiden tot conflictsituaties.

Vanuit de Europese regelgeving kan dit ombuigen binnenkort vergroot worden naar 15xd. De diameter $\varnothing 40$ krijgt dan een ombuigingsstraal van 300 mm. Naast een toename van conflictsituaties, zal ook in hoeken van betonconstructies, door het ontbreken van wapening, de kans op scheurvorming toenemen. Extra wapening zal dit moeten voorkomen.

6.3.12. Damwandkuip met betonvloer

Bij een damwandkuip moeten de inkassingen altijd gewapend worden. Het prefabriceren van deze wapening is gewenst, gezien het arbeidsintensieve karakter ervan en de meestal moeilijke omstandigheden onderin een damwandkuip.

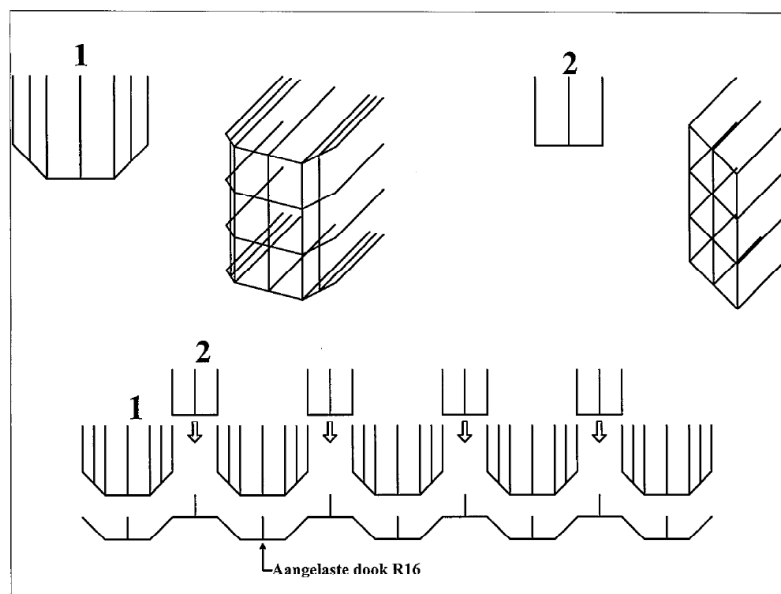
Figuur 162 - Een damwand met haarspelden in de inkassingen



Of de inkaswapening geprefabriceerd kan worden hangt in hoge mate af van de doken die in een eerder stadium door derden aan de damwand zijn gelast. Zijn deze doken namelijk ook haaks op de schuine vlakken gelast, dan kan de vlechter niet prefabriceren en zal hij ter plaatse de inkaswapening moeten vlechten.

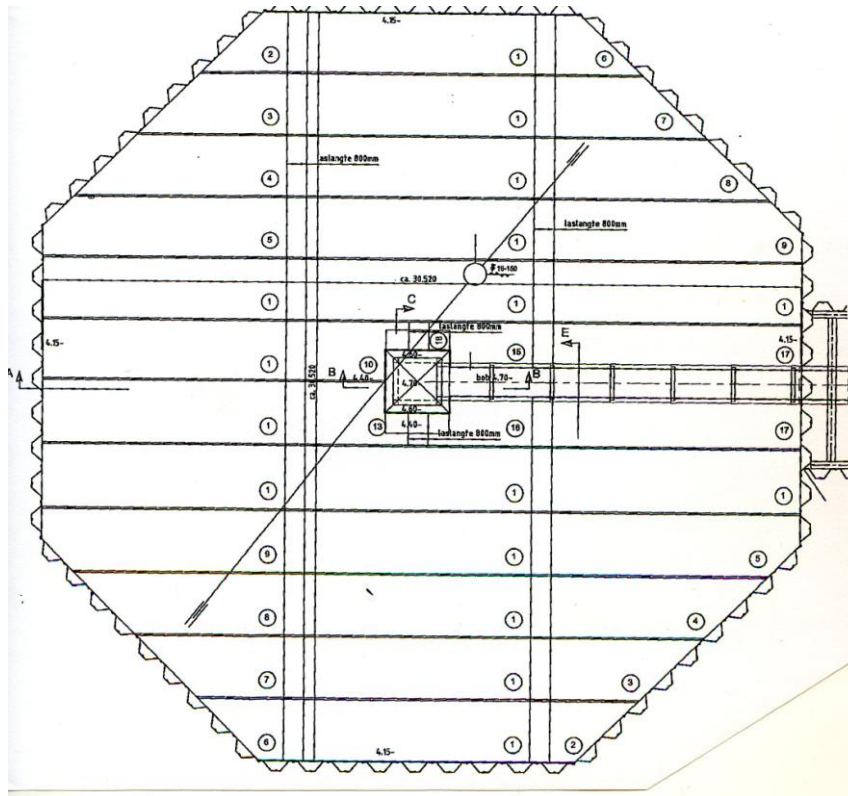
Figuur 163 - Damwand met aangelaste doken en prefab korven

Zijn de doken op de juiste wijze aan de damwand gelast, dan kunnen de prefab korven snel en eenvoudig om de doken tegen de stalen damwand worden geschoven.



Bij een gesloten damwandkuip zoals die van figuur 164 wordt op de werkvloer of onder water begonnen met de onderwapening $\varnothing 16 - 150 \#$. Om laslengten te besparen en sneller te produceren is hier gekozen voor twee lagen staafnetten $\varnothing 16 - 150$ met een afmeting van ongeveer 12 meter lang en 3 meter breed met een gewicht van 400 kg. Na het ondernet kunnen de prefab korven in de inkassingen worden geplaatst en de

lijnsupporten voor de ondersteuning van het bovennet, dat natuurlijk ook gemaakt is met twee lagen staafnetten $\varnothing 16 - 150$ van 12 meter lang. Met slechts 2 x 36 netten ligt de hele vloer vol.



Figuur 164 - Damwandkuip is dicht gelegd met grote staafnetten

6.3.13. Viaduct Buikslotermeer Amsterdam

De 2^e fase van het viaduct Buikslotermeer is nu in aanbouw. Het viaduct krijgt dezelfde vormgeving als fase 1. De pijlers bestaan uit twee kolommen op poeren met daar over heen een pijlerbalk waar de prefab liggers van het viaduct op komen te rusten. Een pijlerkolom heeft een te lood staande kruisdoorsnede. De andere pijlerkolom is achtkantig, scheefstaand en naar onder taps toelopend.



Figuur 165 - De korven voor de kruiskolommen



De twee poeren onder elke pijler worden gebouwd in een tijdelijke damwandkuip. Na het heien wordt de bouwkuip ontgraven en de paalkoppen gesneld.

Figuur 166 - De complete poerwapening voor plaatsing van de wapening van de kruiskolom

De wapening van de poeren wordt in de bouwkuip op de werkvloer gevlochten, waarna een eenvoudige poerbekisting om de korf wordt geplaatst. De poer heeft geen kolom stekwapening, deze wordt bespaard door voor het

storten van de poer eerst de pijler kolomkorf, met lange naar onder stekende stekken, op de poerwapening te plaatsen. Omdat de kruiskolom verticaal staat en de korf geen gebogen stekwapening heeft, is de poerwapening volledig afgevlochten

Na het plaatsen van de kruiskolom wapening wordt eerst de poer gestort, waarna de kruiskolom bekisting op de poer kan worden gesteld en gevuld met betonspecie.



Figuur 167 - De kruiskolom is gestort. De damwandkuip kan worden getrokken



De schiefstaande achthoekige kolomkorf is (net als de kruiskolom) ook in de vlechtcentrale geprefabriceerd en naar Amsterdam vervoerd. De korf heeft aan twee zijden uitstekende stekwapening.

Figuur 168 - De taps toelopende achthoekige kolomkorven

Naar onderen zijn de stekken afgebogen wat in principe het plaatsen in de korf van de poer belemmerd. Om dit probleem te omzeilen, is de bovenwapening van de poerkorf weggelaten. In het zo aanwezige gat laat zich de kolomkorf wel plaatsen, waarna de poerwapening door de kolomkorf wapening wordt afgevlochten.



Figuur 169 - De poerkorf wapening zonder bovenwapening

Om de kolomkorf tijdelijk te steunen is een hulpconstructie geplaatst. Met spanbanden wordt de korf verder op zijn plaats gehouden.



Figuur 170 - De poer van de schuinstaande kolom is gestort

In de achthoekige kolomkorven zijn in de wapeningscentrale al stortvlonders van wapeningsnetten op de supporten geplaatst, die het de betonspecie trillers mogelijk maken om binnen de kolomkorf wapening af te dalen om daar hun werk te doen.

Figuur 171 - De pijlerbalk wapening met tot 15 meter lange staven wapening Ø 63 mm!



De taps verlopende pijlerbalk wapening wordt ter plaatse gevlochten.

Figuur 172 - De ontkiste pijler wacht op de prefab balken van het viaduct

6.3.14. HSL brug over het Hollands Diep

Evenals de bestaande Moerdijkspoorbrug heeft de HSL brug 10 overspanningen van 105 meter. De pijlers onder de brug bestaan uit een pijlervoet op 5 stalen buispalen Ø 3.000 mm en een holle pijlerkolom waar de stalen kokerbrug met betonnen dek is opgelegd. Ongeveer 75 % van de benodigde wapening voor deze brug is buiten de bouwplaats geprefabriceerd.

Met de pijlervoet is begonnen in Kats. Het ondernet van de pijlervoet is al een vloer op zich, waar de dwarskrachtbeugels uitsteken.



Figuur 173 - Het ondernet met dwarskrachtbeugels van de pijlervoet



Het zijnet van de pijlervoet vormt een compleet wandnet. Zijn het ondernet en zijnet geprefabriceerd, dan wordt het zijnet tweezijdig bekist en het ondernet gevuld met betonspecie. De pijlervoet vormt dan op dat moment een tijdelijke betonnen bak.

Figuur 174 - Het zijnet van de pijlervoet

De wanden van de betonnen bak van de pijlervoet worden opgehoogd met waterdichte schotten. De pijlervoet is nu gereed om van Kats naar de Moerdijk te worden verscheept.

Figuur 175 - De pijlervoet als tijdelijke betonnen bak wordt op een schip geladen

Op locatie wordt de pijlervoet met een drijvende kraan op de 5 buispalen Ø 3.000 mm geplaatst.

Om de pijlervoet te verankeren aan de buispalen, worden de buispalen voorzien van een wapeningskorf en volgestort.



De wapeningskorf Ø 3.000 mm voor de buispaal is op een vlechtlocatie nabij de brug geprefabriceerd.

Figuur 176 - Het samenstellen van de kolom beugels



Figuur 177 - De mal met een wapeningskorf



In een eenvoudige horizontale mal kunnen de vlechters heel wat eenvoudiger werken dan in de pijlervoet midden in het Hollands Diep.

De wapeningskorf wordt op de vlechtlocatie overeind gezet en voorzien van verankeringsplaten, een stalen ophangbalk en andere instortvoorzieningen.

Figuur 178 - Het overeind zetten van de lange geprefabriceerde wapeningskorf Ø 3.000 mm.



De vijf complete korven voor een pijl worden op een schip geladen en vervoerd naar de bouwlocatie in het Hollands Diep.

Figuur 179 - Het vervoer van de vijf paalkorven naar de bouwlocatie



Door een drijvende kraan worden de paalkorven één voor één aan de ophangbalk aangepikt en neergelaten door een gat in de pijlervoet in de buispalen. De wapening hangt door middel van de ophangbalk aan de betonvloer van de pijlervoet in de buispaal. Na het vullen van de buispalen met betonspecie en een eerste laag specie in de pijlervoet, kan de pijlervoet worden droog gepompt voor het ter plaatse wapenen van de overige pijlervoet wapening.

Figuur 180 - De paalkorf wordt in de onderwater staande tijdelijke bouwkuip neergelaten



Figuur 181 - De met pompen droog gezette pijlervoet met de dwarskrachtbeugels uit de ondervloer en de omhoog stekende einden van de paalkorven



Bij dit wapenen wordt tevens een opstort gewapend voor de holle pijlerkolom, die dus al onderwater begint.



Figuur 182 - De wapening voor de pijlervoet en stekwapening voor de pijlerkolom

Na het storten van de pijlervoet met de opstort voor de pijlerkolom kan de pijlerkolom wapening worden geplaatst.

De pijlerkolom wapening is op een vlechtlocatie nabij de brug geprefabriceerd.



De pijlerkolom wapening bestaat uit twee complexe wandnetten en een aantal vlakke pasnetten.

Figuur 183- De pijlerkolom wapening voor één pijler is op een dekschuit geladen om te worden vervoerd naar de bouwlocatie

De twee complexe wandnetten worden overeind gezet en links en rechts op de opstorting van de pijlervoet geplaatst. Voor en achter aangevuld met vier vlakke pasnetten maakt dit de holle pijlerkolom wapening compleet.



Figuur 184 - Bovenaanzicht prefab pijlerkolom wapening met binnenbekisting

Figuur 185 - Het plaatsen van de 45 meter lange stalen prefab hamerstukken op de betonnen pijlers. Tijdelijk zijn hulpsteunpunten geplaatst voor het evenwicht van de hamerstukken.



Figuur 186 - Het plaatsen van de 60 meter lange stalen prefab kokerliggers tussen de hamerstukken

De 60 meter lange prefab kokerliggers zijn in Schiedam gemaakt. Het dek van deze liggers is daar ook gewapend en gestort. Per schip is ook dit laatste grote prefabwerk naar de bouwlocatie vervoerd en geplaatst.



7. Samenvatting

Het vlechten van wapening blijkt bij steeds meer projecten een tijdsbepalende factor te zijn bij het uitvoeren van projecten. Dit komt voor in de woning- en utiliteitsbouw, maar vooral bij de infrabouw. De oorzaak is het vele handmatige vlechten van wapening ter plaatse van vooral niet standaard constructies. De eisen uit de aangescherpte ARBO regelgeving worden nog nauwelijks opgevolgd. Deze strengere regelgeving zal toch opgevolgd moeten worden, anders wordt ze afgedwongen.

Het tweedimensionaal tekenen in bijvoorbeeld Autocad wordt in toenemende mate vervangen door driedimensionaal tekenen met bijvoorbeeld Allplan. De controle op uitvoerbaarheid van de getekende wapeningsconstructies, blijkt een groot voordeel te zijn. Om tot geprefabriceerde wapeningsconstructies te komen gaan steeds meer wapeningscentrales tekenopdrachten geven aan gelieerde ingenieurbureaus. Het betreft dan relatief eenvoudige aanpassingen, zoals het omwerken van een werktekening met losse staven naar een werktekening met rolmatten of staafnetten. De constructeur van het ontwerpende ingenieurbureau blijft echter verantwoordelijk voor de wapeningsconstructie.

Bij traditionele contracten zijn er weinig (financiële en tijd) mogelijkheden om te komen tot wapeningsconstructies die vergaand zijn te prefabriceren. Om toch te kunnen prefabriceren zijn er al wapeningscentrales die het opnieuw uittekenen van (belangrijke) wapeningsconstructies voor eigen rekening nemen. Dit is de omgekeerde wereld natuurlijk. De mogelijkheden om te prefabriceren zijn bij de nieuwe contractvormen (D&C) groter. De grotere centrales spelen hier goed op in.



Vanuit Arbo aspecten gezien, is prefabricage van wapening het antwoord om aan de strengere regels te gaan voldoen. De wapeningscentrales haken hier op in door het aanschaffen van steeds geavanceerdere productiemachines. Aan het verder automatiseren van het productieproces in de centrales is in dit rapport de nodige aandacht besteed. Bij meer prefabricage zal deze fabrieksautomatisering zeker toenemen.

Figuur 187 - Boodschap aan aannemers en constructeurs: Help vlechters aan meer prefabricage

Het grote aantal voorbeelden in dit rapport van uitgevoerde prefab wapeningsconstructies laat zien dat er heel veel mogelijkheden zijn, als men maar vroegtijdig met denken in prefabricage begint. Prefabriceren kan meer staal vergen, minder staal verbruik komt echter ook regelmatig voor. Prefab wapening met de nodige voordelen voor de verschillende partners, die bij de bouw van het project betrokken zijn, zijn bij ieder voorbeeld aanwijsbaar. Te noemen zijn:

- Het verkorten van de procestijd die nodig is voor het in het werk wapenen van de betonconstructie en mogelijk daardoor een kortere bouwtijd.
- Hogere kwaliteit van het uitgevoerde vlechtwerk, waaronder een grotere maatvastheid van de wapeningsconstructie.
- Arbo voordelen:
 - Betere werkomstandigheden voor de vlechters die de prefabconstructies in de centrale of op locatie samenstellen.
 - Grote afname van het in het werk arbeidsonvriendelijk vlechten.
 - Al snel voldoen aan de zwaardere ARBO regelgeving.
- Minder gebruik van hulpconstructies.

Vooraf het meer toepassen van de nog (te) weinig toegepaste staaftnetten en rolmatten kan tot snelle invoering van meer geprefabriceerde wapening leiden.



Figuur 188 - Ondanks alle inspanningen om meer te prefabriceren, zal er altijd wapening overblijven die ter plaatse moet worden gevlochten.



Figuur 189 – Bij de bouw van de drie tanks van de LNG terminal op de Maasvlakte met een diameter van 86 m en 50 m hoog zijn veel gebogen wandnetten plat op de grond geprefabriceerd.