



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

MASSIIVISEN HOLVIN MUOTTITYÖ SEKÄ HOLVIN JÄNNITTÄMINEN

Henri Luhtamaa

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Rakennustekniikka
Rakennustuotanto



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Rakennustuotanto

HENRI LUHTAMAA

Massiivisen holvin muottityö sekä holvin jännittäminen

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 23 sivua
Huhtikuu 2017

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia ohje paikallavalettavan holvin muottityön suorittamiselle. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään esimerkki kohteena olleen massiivisen paikallavaluholvin jälkijännittämisen periaatteita.

Tässä työssä oli tarkasteltavana ja työkohteena Tampereella sijaitsevan Ratinan kauppakeskuksen yhteyteen rakennetun Vuolteenkadun alle tehtävän holvin muottityö sekä valmiin holvin jännittämistyö. Työstä teki haastavan se, että kyseisen holvirakenteen päälle tulee autotie. Tästä syystä rakenteelle asetettavat kuormitusvaatimukset nousivat poikkeuksellisen korkeiksi, mikä edelleen vaikutti itse holvin massa- ja raudoituksen ja rakennevahvuuden osalta. Tämä massa ja painorasitus puolestaan korreloivat suoraan holvimuotin vaatimuksiin.

Työssä selvitettiin holvimuottityö aloituksesta valmiiseen muottiin asti. Kokonaisuuteen kuului useita logistisesti sekä hankinnallisesti haastavia vaiheita että erilaisten lisätuen-
tojen suunnittelua.

Holvimuotin rakentamisessa käytettiin Doka -tuotteita. Doka Staxo tukitorneja, Doka holvitukia useissa eri mitoissa sekä Doka -palkkeja ja levyjä.

Holvin jälkijännittämisessä käytettiin sekä tartunnallisia, että tartunnattomia jäniteitä. Tartunnallisten- ja tartunnattomien jäniteiden jännittäminen suoritettiin eri ajankohtina. Tämä johtui rakennesuunnitelmien mukaisesta betonin nimellislujuuden saavuttamisesta.

Työn suorittamisessa käytettiin hyväksi alan kirjallisuutta sekä haastateltiin alan ammattilaisia

Asiasanat: uudisrakentaminen, betonirakentaminen, paikallavalu, muottityö, jännittäminen, jälkijännittäminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of civil construction engineering
Name of the Option

HENRI LUHTAMAA:

Framework of a massive cast-in-place slab and post stressing the structure

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 23 pages
April 2017

The goal of this bachelor's thesis was to create a guide for making a cast-in-place scaffolding. This thesis also includes principles of post stressing a massive slab

The thesis was made from Ratina shopping mall site located in Tampere Finland. Main subject in this thesis was the shopping mall logistics centers cast-in-place slabs scaffoldings and post stressing the structure. The challenging part in this project was the drive way that will be running above the logistics centers slab. For this reason the load requirements for the structure increased exceptionally high. This correlated to the cast-in-place slabs width and the amount of reinforcement steel which affected the requirements of the scaffolding.

In this thesis the scaffolding work went through from the beginning to the finished product. On the way there were many logistically and acquisitionally challenging parts. The project also included planning and developing various extra supportings.

In the making of the scaffolding the materials were provided by Doka. Framework was made with Doka Staxo scaffoldings. Also the slab supporting columns, mold beams and panels were from Doka.

In the process of post stressing the structure there were used both contagion and non contagion wires. The stressing of these wires was made after the casted concrete had reached its planned strength.

Construction literature and interviewing professionals were the sources of this thesis.

Key words: new construct, concrete construct, cast-in-place, concrete scaffolding, stressing, post stressing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PAIKALLA VALETTAVAN- JA ELEMENTTIRAKENTEEN EROJA	7
3	ESIVALMISTELUT	9
	3.1 Muotin määrittely	9
	3.2 Muottikaluston valinta	9
	3.3 Vaihtoehtoinen ratkaisu	10
	3.4 Hintatietoja.....	11
4	Palkit.....	12
	4.1.1 Puupalkit	12
	4.1.2 Komposiittipalkit	12
5	TUKITORNIT.....	14
	5.1 Tukitornien rungot	14
	5.2 Tukitornien ristisiteet	15
	5.3 Tukitornien jalat.....	16
	5.4 Tukitornien kruunut	17
	5.5 Tukitornien pystyttäminen	19
6	MUOTTITYÖN ALOITTAMINEN	23
	6.1 Muotin palkitus	23
	6.1.1 Niskapalkit	24
	6.1.2 Koolauspalkit	25
7	MUOTIN LISÄTUENTA	27
	7.1 Holvituet	27
8	MUOTIN LEVYTTÄMINEN	29
	8.1 Pinnan levyttäminen yleisesti	29
	8.2 Muotin reunat ja topparit	29
	8.2.1 Muotin reunan valmistaminen palkkisolkien avulla	30
	8.2.2 Muotin reunan valmistaminen puutavaralla.....	31
9	KALUSTON VARASTOINTI JA TÄYDENTÄMINEN	33
10	HOLVIN JÄLKIJÄNNITTÄMINEN	34
	10.1 Jälkijännittäminen yleisesti	34
	10.2 Käytettävä materiaali	34
	10.3 Tartunnalliset, jälki-injektoitavat jänteet	35
	10.4 Tartunnattomat jänteet	36
	10.5 Jännityksessä käytettävä kalusto.....	37
	10.6 Sallitut poikkeamat	37
	10.7 Jännittäminen	37

10.8 Jännittämisspöytäkirja	40
10.9 Jännitystyön laadunvarmistus	40
11 POHDINTA.....	42
LÄHTEET	43
LIITTEET	44
Liite 1. Haastattelu A.....	44
Liite 2. Haastattelu B.....	46
Liite 3. Sileiden punosten ainetodistus.....	48
Liite 4. Rasvapunosten ainetodistus	50
Liite 5. Jännittämistöiden suunnitelma.....	61

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin rakennusliike Aki Hyrkkönen Oy:n käyttöön. Työ sisältää yksityiskohtaisen selvityksen massiivisen paikallavalettavan holvin muottityön suorittamisesta, sekä siihen tarvittavasta kalustosta. Lisäksi työssä käydään lävitse valetun rakenteen jälkijännittämisen periaatteita liittyen jännittämisessä käytettävään kalustoon, jännittämisen ajankohtaan sekä laadunvarmistukseen.

Paikallavalettavan holvin valmistuksessa yksi tärkeimpiä työvaiheita on kunnollisen holvimuotin valmistaminen. Ammattitaitoisella työnjohtajalla on hyvät edellytykset saada muottityövaihe suoritettua suunnitellussa aikataulussa tai mahdollisesti jopa etuajassa.

Muottityön yhtenä tärkeänä osana on osata ylläpitää riittävää muottikalustoa työkohteessa. Liian suuri tai pieni määrä muottikalustoa tuottaa helposti aikataulullisia ongelmia nopeasti etenevässä työssä.

Työssä haastateltiin muottityötä suorittavia kirvesmiehiä liittyen muottityöhön ja käytettävän kaluston etuihin ja haittoihin. Jälkijännittämisen osalta työtä varten haastateltiin kohteen valutyönjohtajaa. Haastattelussa keskityttiin holvin jännittämisessä huomioon otettaviin seikkoihin sekä tavoitteiden onnistumiseen ja saavuttamiseen.

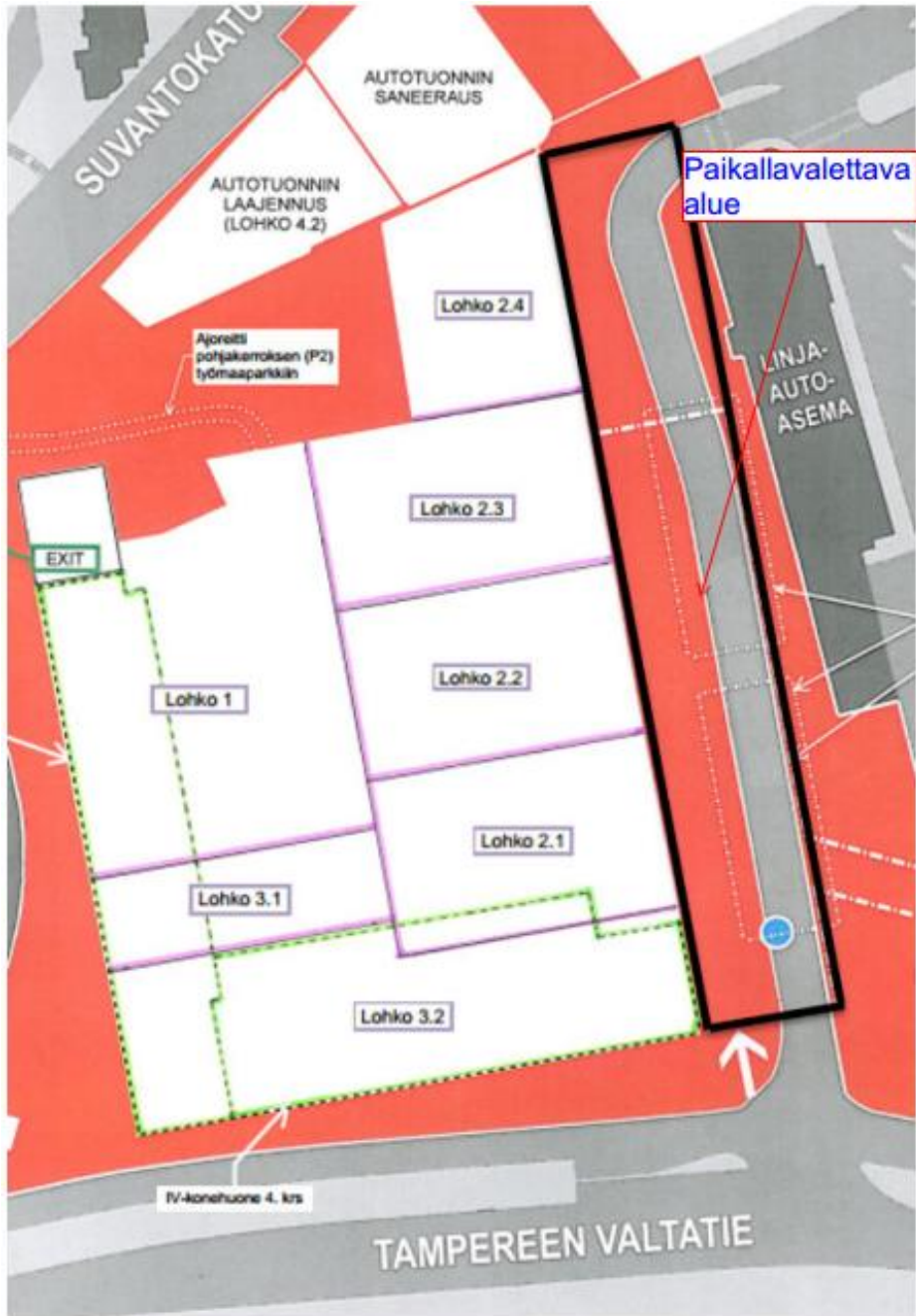
Betonin lujuudenkehitystä ja siihen tarvittavia valun lämpötilatietoja on seurattu data-loggerin avulla. Tästä saatu informaatio on syötetty Ruduksen Betoplus -ohjelmaan, joka antaa tarkkaa tietoa betonin lujuuden kehityksestä. Lujuudenkehityksen seuranta on yksi tärkeä osa jälkijännitettävän holvin valmistuksessa, koska jännepunoksia ei voida jännittää ennen kuin betoni on saavuttanut rakennesuunnittelijan asettamat minimita-voitteet.

2 PAIKALLAVALLETTAVAN- JA ELEMENTTIRAKENTEEN EROJA

Paikallavalu rakenteella tarkoitetaan rakennustuotantotapaa jossa työ suoritetaan täysin kohteessa. Työ sisältää muottityön, raudoituksen sekä betonityöt. Paikallavalurakentaminen ei aseta rajoituksia suositusmittoihin. Erilaisten ulokkeiden ja sisennysten sekä kaarevien muotojen toteuttaminen on helpompi toteuttaa paikallavalamalla kuin elementtein. Saumaton rakenne on yksi elementtirakenteeseen verrattava etu.

Elementtirakenteella tarkoitetaan menetelmää jossa haluttu tuote tuotetaan teollisella tuotantomenetelmällä muualla kuin rakennettavassa kohteessa. Elementit ovat raskaita rakenneosia ja niiden paikalle asettamiseen tarvitaan jokin nostolaite. Elementtirakentaminen on nopea ja taloudellinen toteutustapa suorittaa erilaisia rakenteita. Elementit voidaan varastoida työmaalle mutta logistisesti paras ratkaisu on kuitenkin asentaa elementit suoraan elementtirekan kyydistä.

Paikallavalettavia sekä elementtirakenteita pystytään käyttämään monissa erilaisissa kohteissa. Tämän opinnäytetyön tapauksessa logistiikkakeskuksen holvirakenteet suoritettiin täysin paikallavalamalla. Kohteessa rakenteelle annetut kuormitusvaatimukset ovat niin suuria, että niiden saavuttaminen elementtirakentamisella ei ole järkevää rakenteellisesti eikä taloudellisesti. Itse kauppakeskuksen runko sen sijaan valmistettiin elementeistä.



KUVA 1. Ratin kauppakeskuksen työmaakuva

3 ESIVALMISTELUT

3.1 Muotin määrittely

Betonirakentamisessa muotilla tarkoitetaan aluetta johon betoni tullaan valamaan. Muotti voi olla hyvin pieni tai jopa tuhansien neliömetrien kokoinen. Muotin tehtävänä on rajata valettava alue sekä pitää betoni muotin sisäpuolella.

3.2 Muottikaluston valinta

Käytettäväksi muottikalustoksi voidaan valita joko puutavara tai valmiit puiset pohjapalkit ja levyt riippuen riippuen muotin vahvuudesta. Tässä tapauksessa Vuolteenkadun alaisen holvin muotin valmistukseen käytettiin Doka palkkeja sekä levyjä. Muotin tuentaan valikoituivat Doka Staxo (KUVA 2) teräksiset tukitornit, jotka ovat erittäin muuntelukykyisiä ja täten erinomainen valinta kyseiseen työhön. Vastaavanlainen kalusto löytyy mm. Peri Oy:lta. Peri Up Flex –tukitorneissa on hieman erilainen rakenne mutta käyttöperiaate toimii samalla tavalla.

Tukitornien lisäksi voidaan käyttää holvitukia, joilla saadaan suoritettua tarvittavia lisätuentoja päädyissä ja nurkissa. Tukitornien käyttäminen kaikissa paikoissa on lähes mahdotonta niiden koon vuoksi, tällöin käytetään apuna yksittäisiä holvitukia.



KUVA 2. Doka Staxo tukitorneja kasattuna ja käytössä

3.3 Vaihtoehtoinen ratkaisu

Valmiiden telineiden käyttämisen sijasta muotti voidaan valmistaa tavallisesta puutavarasta. Kokonaan puutavarasta valmistettava muotti on huomattavasti työläämpi valmistaa suurissa kohteissa. (Liite 1.) Suurissa kohteissa rakenteen paino vaikuttaa suoraan muotin järeyteen ja tällaisissa kohteissa puutavaran menekki on todella suuri. Pelkästään tästä syystä suurissa kohteissa on suositeltavaa valita valmis muottikalusto tavallisen puutavaran sijasta.

3.4 Hintatietoja

Muottikaluston hinta määräytyy kohteen neliöiden perusteella. Tarvittavan tukitornikaluston hinta Doka Staxo tuotteissa on 0,23-0,25 €/m²/vrk. Tämän lisäksi käytettävien muottilevyjen vuokrahinta on 0,12 €/m²/vrk. Kokonaishinta muotille on siis n. 0,35-0,40 €/m²/vrk.

Suurissa kohteissa kaluston kierrätettävyys tulee ottaa huomioon, jotta päästään kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Muotin purkaminen voidaan aloittaa, kun jälkijännitettävä rakenne on saatu jännitettyä. Purettu kalusto voidaan siirtää uuteen kohteeseen, eikä kalustoa tämän vuoksi tarvitse tilata lisää.

Muotissa käytettävän 2×4” puutavaran hinta on noin 1 €/m. Tämän kokoisessa paikallavalukohteessa puutavaran menekki olisi kuitenkin niin suuri, että raakatavaran käyttäminen ei ole järkevää.

4 Palkit

4.1.1 Puupalkit

Palkkien hankkimisessa tulee miettiä, minkä mittaisia tuotteita tullaan tarvitsemaan. Palkkeja löytyy useissa eri mitoissa käyttötarpeen mukaan. Muottityössä palkkeja voidaan käyttää joko niskapalkkeina tai koolauspalkkeine. Niskapalkit toimivat alimpana palkkikerroksena ja ne ohjaavat muotille tulevat voimat tukitornille ja sieltä edelleen maaperään. Koolauspalkit asetetaan suunnitelmien mukaisella k-jaolla niskapalkkien päälle. Suurin koolauspalkkien sallittu väli on 500mm. Käytössä olleiden palkkien pituusmittoja Doka H20 Top palkkeissa olivat 1,80m, 2,65m, 2,9m, 3,3m, 3,6m sekä 3,9m. Suurimmassa osassa muottityössä esiintyivät 3,90m pituiset puupalkit, joita käytettiin muotin niskapalkkeina. 2,65m (KUVA 3) mittaisia palkkeja käytettiin lähes poikkeuksetta muotin koolauspalkkeina.



KUVA 3. Doka H20 Top puupalkki 2.65m (Kuva: Directindustry)

4.1.2 Komposiittipalkit

Kohteen holvin paksujen palkkilinjojen pohjassa on lähes välttämätöntä käyttää Doka Itec -palkkeja, jotka ovat puu/komposiitti rakenteisia. Näitä palkkeja käytettäessä päästään suurempaan kantavuuteen kuin tavallisella puupalkilla. Itec -palkkeja löytyy myös

useissa eri mitoissa 1,80m:stä aina 5,90m:n saakka. Yleisimpiä käyttömittoja ovat kuitenkin samat kuin tavallisissa puupalkeissa 2,65m sekä 3,90m.

Itec -palkkeja käytettäessä muotin niskapalkkeina pystytään säästämään materiaaleissa. Dokan antamien tietojen mukaan näitä palkkeja käytettäessä voidaan käyttää materiaalia 50% vähemmän kuin tavallisia puisia H20 top palkkeja käytettäessä.

5 TUKITORNIT

5.1 Tukitornien rungot

Doka Staxo tukitorneissa käytettäviä runkoja löytyy kolmea eri kokoa; 0,9m, 1,2m sekä 1,8m. Tämä mitta kertoo rungon korkeuden alhaalta ylös. Rungon leveys on 1500mm. Käytetyimpiä runkomittoja ovat 1,2m ja 1,8m (KUVA 4) ja näitä yhdistelemällä päästään haluttuihin korkeuksiin moitteettomasti. Kahden rungon välinen etäisyys on valittavissa ristisiteiden mukaan ja se voi olla 1000mm, 1500mm tai 2000mm



KUVA 4. Doka Staxo 1800mm korkeita runkoja säilytyksessä

5.2 Tukitornien ristisiteet

Tukitornien rungot yhdistetään toisiinsa kahdella pystysuuntaisella sekä yhdellä vaakasuuntaisella ristisiteellä. Näillä siteillä estetään tukitornien sivusuuntainen notkahtaminen. Tukitorneja rakennettaessa vaakasuuntainen ristiside tulee asettaa vähintään joka toiseen runkovaliin sekä ylimpään ja alimpaan väliin. Esimerkiksi tornin koostuessa kolmesta kerroksesta, voidaan keskimmaisessä välissä jättää vaakasuuntainen ristiside asentamatta.

Tukitornien ristisiteitä löytyy kolmea eri variaatiota riippuen tukitornin halutusta leveydestä; 2000mm, 1500mm sekä 1000mm. Nämä ristisiteet on merkitty paitsi numeroilla myös eri värisillä klipseillä (KUVA 5).



KUVA 5. Ristisiteiden väriklipsit

Ristisiteiden numeroinnit löytyvät jokaisesta klipsistä sekä ristisiteen päistä leimattuina. Näitä mittoja löytyy jokaiseen kokoluokkaan kaksi kappaletta. 1,8m korkeille rungoille käytetään 18.200 sekä 9.200 (sininen klipsi), 18.150 sekä 9.150 (punainen klipsi) tai 18.100 sekä 9.100 (vihreä klipsi) ristisiteitä riippuen tukitornin halutusta leveydestä. 1,2m rungoille puolestaan käytetään 12.200 sekä 9.200, 12.150 sekä 9.150 tai 12.100 sekä 9.100 ristisiteitä.

Tukitorneissa käytettävien ristisiteiden valinta perustuu ristisiteen numerokoodiin sekä käytettävän rungon korkeuteen. Esimerkiksi 18.200 ristisidettä käytetään 1800mm korkeissa telineissä pystysuuntaisena ristisiteenä, 12.200 ristisidettä käytetään 1200mm korkeissa telineissä pystysuuntaisena reivauksena jne. Ensimmäinen numero 18 leimassa kertoo siis telineen koon, johon ristisidettä voidaan käyttää. Jälkimmäinen numero 200 kertoo puolestaan tulevan telineen leveyden. Tukitornien vaakasuuntainen ristiside on aina 9.200, 9.150 tai 9.100 riippuen halutun telineen leveydestä.

5.3 Tukitornien jalat

Tukitorneissa käytetään säädettäviä jalkoja (KUVA 6). Näiden jalkojen avulla tukitornit saadaan asennettua vatupassin avulla suoraan, joka on oleellisen tärkeää tornin toiminnan kannalta. Säädettäviä jalkoja löytyy kahdessa eri koossa. 1200mm korkeiden runkojen rakentamisessa voidaan käyttää lyhyitä 600mm korkeita tai korkeampia 1000mm korkeita säätöjalkoja. 1800mm korkeiden runkojen rakentamisessa on suositeltavaa käyttää korkeampia jalkoja säätövaran vuoksi.



KUVA 6. Tukitornien säädettäviä jalkoja, 1000mm ja 600mm

600mm korkeissa säätöjaloissa säätövara on 100mm – 400mm, kun taas 1000mm korkeissa jaloissa säätövara on 100mm – 600mm. Näiden säätövarojen avulla tukitornit voidaan säätää suoraan ja haluttuun korkeuteen.

5.4 Tukitornien kruunut

Tukitorneissa käytetään säädettäviä kruunuja (KUVA 7). Kruunut asennetaan tukitornin päihin upottamalla ne rungon sisään. Kruunujen korkeutta voidaan säätää samalla tavalla kuin jaloissakin mutta huomioitavaa on kuitenkin se, että kruunuja voidaan säätää vapaasti ainoastaan 300mm. Mikäli säätö ylittää 300mm, tulee kruunut reivata tukitornin runkoon tai muuhun kiinteään pisteeseen, jolla kruunun notkahtaminen voidaan estää (KUVA 8). Helpoimmin reivaaminen voidaan suorittaa pitkällä laudalla, joka kiinnitetään lyöntikiilalla eli ns. ketunraudalla sekä kruunun varteen, että tukitornin runkoon.

Tukitornit tulee asettaa pystytysvaiheessa mahdollisuuksien mukaan suoraan linjaan toisiinsa nähden. Tällä pystytään varmistamaan, että palkituksen niskalinja tulee kulkemaan tukitornien kruunujen kohdalla.



KUVA 7. Doka Staxo tukitornin säädettävä kruunupää



KUVA 8. Reivattu kruunupää

5.5 Tukitornien pystyttäminen

Tukitornien pystyttämisessä voidaan käyttää kahta tapaa. Mikäli käytävissä on reilusti tilaa sekä nosturi, on yksinkertaisin ratkaisu tukitornien rakentamiseen kasata ne maassa kyljellään haluttuun korkeuteen. Tämän jälkeen kokonainen tukitorni voidaan nostaa nosturin avulla pystyyn ja siirtämään haluttuun paikkaan. Nosturia käytettäessä tulee varmistaa kaikki tornin liitokset ennen nostamista sekä huolehtia, ettei nostettavan tornin alle mene kukaan.

Mikäli tornien rakentamiseen on vain vähän tilaa, ne voidaan rakentaa suoraan paikalleen kerros kerrallaan. Tässä tavassa suurena apuna toimii esimerkiksi trukki, mikäli nosturi ei ole käytettävissä. Trukkia apuna käyttäessä tulee kuitenkin varmistua, ettei vaakasuuntaiset ristisiteet pääse taipumaan tai murtumaan. Apuna voidaan käyttää esimerkiksi 2,65m pitkää palkkia joka ylettyy mainiosti tornin runkojen väliin.

Tukitornit tulee aina pystyttää tasaiselle ja tukevalle alustalle. Mikäli alue jolle tukitorni tullaan pystyttämään on hiekkaa, soraa tai muuta vastaavaa ainesta joka voi painua tornien alla, tulee varmistua, etteivät tornin jalat pääse painumaan maahan. Tämä pystytään ehkäisemään tiivistämällä haluttu alue sekä tekemällä tukitornin jalkojen alle peti (KUVA 9), joka jakaa tornille tulevan kuorman laajemmalle alueelle maaperään.



KUVA 9. Maapohjalle pystytetyn tukitornin jalan alle tulee tehdä tukeva peti

Tukitorneja pystytettäessä tulee huomioida tukitelinesuunnitelma, mikäli kohteesta sellainen on tehty. Muottisuunnitelmasta selviää tukitornien sijainnit sekä käytettävien palkkien pituudet sekä määrät. Mikäli kohteesta ei ole tilattu erillistä muottisuunnitelmaa, tukitornit voidaan sijoittaa hieman vapaammin. Tukitornien maksimi keskeltä keskelle etäisyys on kuitenkin 2000mm. Tämän lisäksi mahdollisten holvin alapinnan taitekohtien osalta tulee tukitornien sijainnit suunnitella siten, että taitteen kummallakin puolella on tukitorni. Taitekohdan sekä tukitornin reunan suositeltava maksimi etäisyys on 400mm.

Tornien pystysuuntainen suoruus tulee aina varmistaa ennen muotin rakentamista. Tämä on yksinkertaisinta suorittaa lyhyellä vatupassilla tornin rungosta (KUVA 10). Tukitornin säätöjalkoja nostamalla tai laskemalla saadaan torni suoristettua. Kun tukitorni on suorassa ja tukevasti paikallaan, voidaan siirtyä asentamaan muotin pohjan palkitusta.



KUVA 10. Tukitornin suoruuden tarkistamista vatupassin avulla

6 MUOTTITYÖN ALOITTAMINEN

6.1 Muotin palkitus

Muotin pohjan palkittaminen voidaan suorittaa erilliseltä nostimelta tai suoraan tukitorien päältä. Palkkeja asennettaessa tulee käyttää turvallisuusvaatimuksen mukaista puotamissuojausta.

Palkituksessa voidaan käyttää kaksin- tai kolminkertaista palkitusta (KUVA 11). Kaksinkertainen palkitus sisältää kruunuissa olevat niskapalkit sekä näiden päälle tulevat koolauspalkit. Kolminkertainen palkitus käsittää kruunuihin tulevat niskapalkit joita asetetaan kaksi kappaletta rinnakkain. Näiden päälle asetettavat erisuuntaiset niskapalkit jotka asetetaan kruunujen kohdalle sekä päällimmäisen kerroksen koolauspalkit.



KUVA 11. Kolminkertainen palkitus

6.1.1 Niskapalkit

Niskapalkit asetetaan tukitornien päissä oleviin kruunuihin (KUVA 12). Näiden palkkien tehtävänä on välittää holvimuotille tuleva paino tukitornin rungon kautta maahan. Normaalisti niskapalkkeina käytetään 2,65m mittaisia palkkeja. Tämä siitä syystä, että yleisimmin käytettävän tornin koko on 1500mm × 2000mm. Niskapalkki asetetaan pidemmän sivun suuntaisesti, jolloin tornin ulkopuolelle tulee vain reilu 300mm palkkia. Tällä pystytään säästämään tilaa, mikäli tukitorneja joudutaan asettamaan paljon lähekkäin.

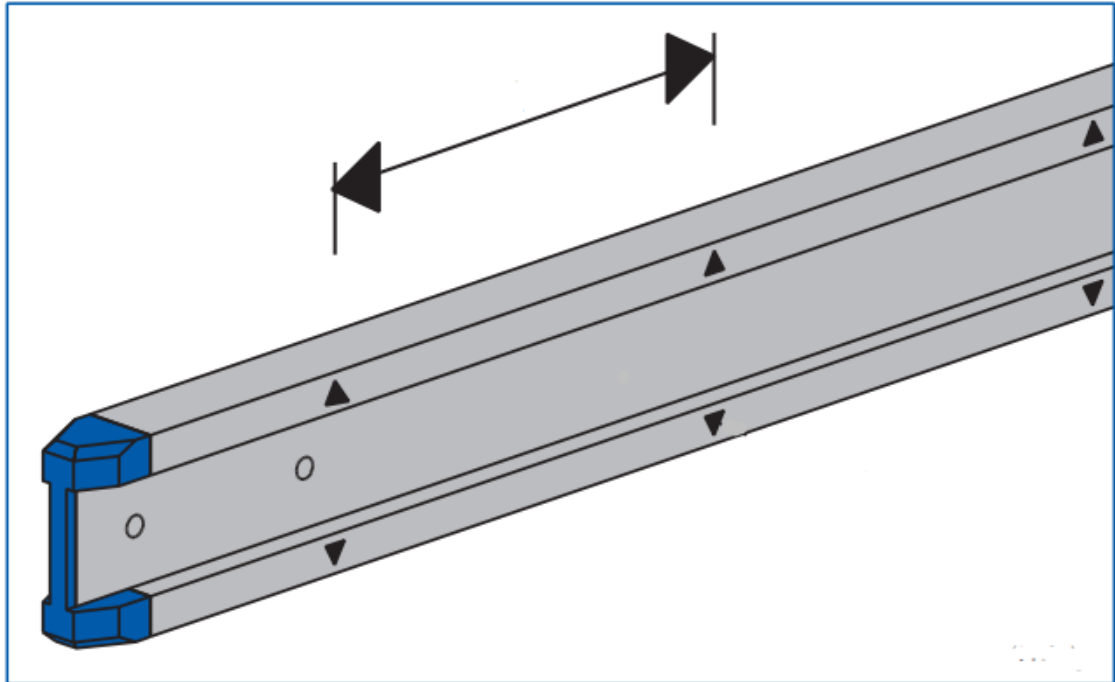
Kaksinkertaisessa palkituksessa ainoastaan kruunuihin asetetaan niskapalkit. Tämän jälkeen koolauspalkit ladotaan halutulla k-jaolla näiden päälle. Tätä menetelmää voidaan käyttää kevyissä paikallavalurakenteissa, mutta suuremmissa holvirakenteissa on suositeltavaa käyttää kolminkertaista palkitusta.



KUVA 12. Kruunuihin asetettuja niskapalkkeja (Kuva: Sami Oldén)

6.1.2 Koolauspalkit

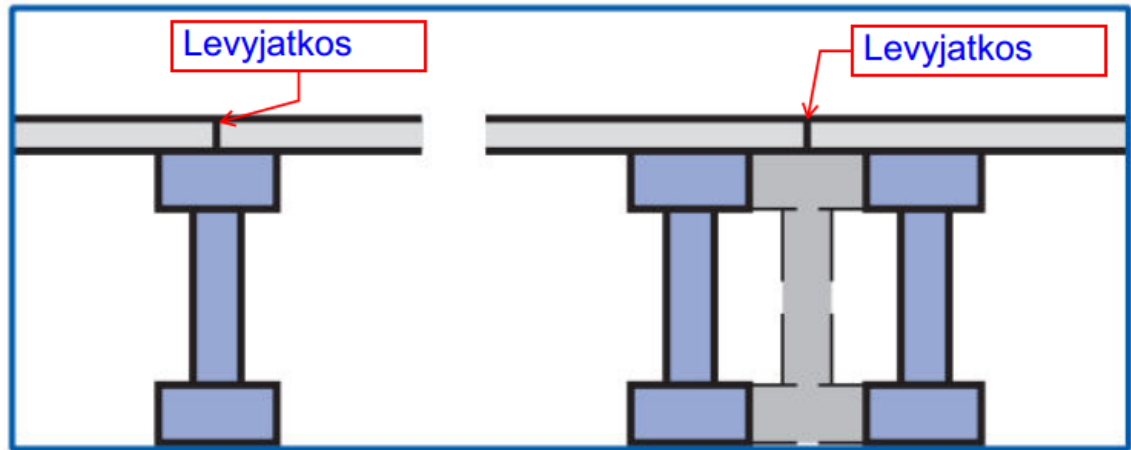
Koolauspalkit asetetaan niskapalkkien päälle halutulla k-jaolla. Yleinen jako on k300 tai k400. Suurin sallittu koolausväli on 500mm, joka on merkitty palkkien kylkiin pienin merkein (KUVA 13).



KUVA 13. Palkkiin merkitty maksimi koolausväli 500mm (Kuva: Doka Finland)

Koolauspalkkien pituus valitaan niskapalkkien välisen etäisyyden mukaisesti siten, että koolauspalkki tulee vielä 200-300mm ulos niskapalkkilinjasta. Koska tukitornien yhdisteleminen on mahdollista, voidaan tornin leveyttä kasvattaa haluttuun kokoon. Mikäli tällöin saatavilla ei ole riittävän pitkiä koolauspalkkeja, voidaan koolaus suorittaa kahdella erillisellä rivistöllä. Tällöin kuitenkin koolauspalkkien päät tulee limittää niskapalkin kohdalla vähintään 300mm matkalta.

Koolauspalkkien asettelussa suositeltavaa on huomioida käytettävien muottilevyjen pituus. Yleisesti käytettävät levykoot ovat 500mm × 2000mm ja 500mm × 2500mm. Levyjen pituudesta riippuen, levyn mitalla olevien päätypalkkien etäisyys tulee olla sama kuin levyn pituus. Levyjatkoksen kohdalle tulee olla vähintään yksi palkki, jonka keskelle levyjatkos tulee. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää jatkoksen kohdalla kahden palkin järjestelmää, jolloin levyjatkos jää kahden vierekkäisen palkin väliin (KUVA 14).



KUVA 14. Vasemmalla yhden palkin levyjatkos, oikealla kahden palkin levyjatkos

7 MUOTIN LISÄTUENTA

Massiivisen holvimuotin valmistuksessa joudutaan usein suunnittelemaan erilaisia muottisuunnitelmien ulkopuolisia lisätuentoja. Tämä johtuu erityisesti tilanahtaudesta, kun tukitornien koko estää niiden sijoittamisen ahtaisiin kulmauksiin. Lisätuentoja tulee sijoittaa erityisesti muotin reuna-alueille, mikäli suunnitelman mukainen tuenta koetaan riittämättömäksi. Reuna-alueiden lisäksi yleisiä lisätuenta tarvitsevia kohtia ovat pilareiden ympärykset

7.1 Holvituet

Massiivisen holvimuotin valmistamisessa joudutaan usein käyttämään lisätukia ahtaissa paikoissa. Tällöin erimittaiset holvituet (KUVA 15) näyttelevät merkittävää osaa muotin valmistuksessa. Holvitukia löytyy yhden metrin mittaisesta lyhyestä tolpasti aina 5,5m mittaiseen tukitolppaan asti. Suurissa kohteissa yleisimmin käytettävät koot lähtevät kuitenkin kolmesta metristä ylöspäin.



KUVA 15. 3500mm korkeuteen yltäviä holvitukia varastoituna

Holvituen haluttua korkeutta voidaan säätää helposti kaksiosaisen rungon ansiosta. Ulkokuoren sisällä oleva putki nostetaan haluttuun korkeuteen. Tämän jälkeen voidaan suorittaa korkeudelle hienosäätö holvituen rungossa olevan kierteen avulla.

Holvituet tulee asettaa tukevalle alustalle pystysuoraan ja niiden juureen tulee asettaa kolmijalat estämään kaatumista. Kolmijalan kiinnittäminen holvituen runkoon suoritetaan lyömällä kolmijalassa olevaa vipua joka sitten kiristää leuat holvitukeen kiinni. Mikäli kolmijalkoja ei ole käytettävissä, tulee tukitolpat reivata kiinteään pisteeseen siten, ettei holvituki pääse kallistumaan ja kaatumaan.

Holvituen päähän asetetaan kruunu, johon tuettavan alueen niskapalkit sijoitetaan. Holvitukien kanssa käytettävissä kruunupäissä on lyöntikiila, joka tulee kiristää ennen paikalleen asettamista. Tämä kiila auttaa myöhemmin muotin purkamisessa.

8 MUOTIN LEVYTTÄMINEN

8.1 Pinnan levyttäminen yleisesti

Niska- ja koolauspalkkien asentamisen jälkeen muotille voidaan ruveta tekemään viimeistä pintaa, joka tulee olemaan valupinnan pohjaa vasten. Tässäkin tapauksessa käytetään valmiita Doka 3S Basic -muottilevyjä. Työssä käytettiin levyjä, joiden mitat olivat joko 2500mm × 500mm × 20mm tai 2000mm × 500mm × 20mm.

Muottilevyt toimitetaan 200kpl nipuissa. Työnjohtajan on helppo laskea karkea menekki muottia varten nippujen sisältäessä joko 200m² tai 250m² riippuen käytettävien levyjen koosta. Muotit on suunniteltu kestämaan jopa 20 käyttökertaa joten niiden kierrättäminen työmaalla on suositeltavaa mahdollisuuksien mukaan

Muottilevyjen asentaminen aloitetaan halutusta nurkkapisteestä ja edetään siitä koolauspalkkien mukaisesti. Levytystä voidaan suorittaa yksi tai useampi rivi kerrallaan. Levyjatkokset on suositeltavaa varmistaa niitillä, hakasella tai pienellä naulalla siten, ettei levyt pääse liikkumaan. Turhaa naulaamista on kuitenkin syytä välttää, sillä levyjen vahingoittaminen johtaa yleensä tuotteen lunastamiseen.

Mikäli valmistettavassa muotissa tulee olemaan taitekohtia, joudutaan yleensä käyttämään muutakin levytavaraa kuin valmiita muottilevyjä. Tällaisessa tapauksessa on hyvä käyttää tavallista filmipintaista vaneria, joka vastaa muottilevyjä paksuutensa puolesta. Tavallinen vaneri on edullisempaa käyttää kohdissa, joissa joudutaan sahaamaan muotiin tulevia levyjä. Lisäksi tavallista vaneria löytyy useassa eri koossa, josta on helppo valita paras vaihtoehto omaan käyttöön. Rakennuspiirustuksissa on usein maininta käytettävästä muottilevystä, mikäli valettava pinta tulee jäämään näkyväksi.

8.2 Muotin reunat ja topparit

Kun muotin pinta on levytetty, voidaan siirtyä valmistamaan muotin reunoja sekä mahdollisia valutoppareita. Mikäli valettavan holvin paksuus on esimerkiksi 500mm, tulee muotin reunan olla vähintään tämän korkuinen. Jos reuna tehdään korkeammaksi, on

muotin reunaan suotavaa merkitä valupinnan korkeus esimerkiksi nauloilla tai räpsäimällä linja muotin pintaan.

8.2.1 Muotin reunan valmistaminen palkkisolkien avulla

Muotin reunojen valmistamisessa yksi yksinkertaisimmista tavoista on käyttää palkkisolkia (KUVA 16). Tässä tapauksessa ainoa etukäteen huomioitava asia on jättää levytetyn pohjan alle jäävistä koolauspalkkeista vähintään joka toinen riittävän ulos, jotta palkkisoljen kiinnittämiselle jää riittävästi tilaa. Palkkisolkia käytettäessä palkin pään tulee tulla muottilevyn alta vähintään 400mm ulos, jotta solki pystytään kiinnittämään kunnolla. Palkkisolki kiinnitetään kiristämällä se palkin uuman yläpuolelle.



KUVA 16. Palkkisoljilla tuettu muotin reuna (Kuva: Doka Finland)

Palkkisolkien asentamisen jälkeen voidaan aloittaa pystytukien kiinnittäminen solkiin. Tässä voidaan käyttää joko valmiita palkkeja tai tavallista 2x4” puutavaraa.

8.2.2 Muotin reunan valmistaminen puutavaralla

Pienissä kohteissa palkkisolkien käyttäminen ei välttämättä ole taloudellisesti järkevää, mikäli niitä jouduttaisiin erikseen vuokraamaan kohdetta varten pieni määrä. Tällöin on syytä miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tavallinen puutavara toimii pienissä kohteissa erittäin hyvin ja on myös taloudellinen ratkaisu.

Valettavan holvin reunan merkitseminen vaatii yleensä takymetrin käyttöä, jotta voidaan varmistua valettavan kohteen oikeasta sijainnista. Kun nurkkapisteen on saatu selville, voidaan linjalle kiinnittää puu, joka toimii muottilevyn alapuolisena topparina. Tähän alajuoksuun kiinnitetään pystypuut sekä diagonaalinen tuki muottilevylle (KUVA 17).

Muotin reunan korkeudesta riippuen alajuoksun päälle tulee asettaa vaakasuuntainen tuki puutavarasta tai palkeista. Kuvan 17 tapauksessa on käytetty kahta palkkia päällekkäin. Täten pystytään varmistamaan reunalle riittävä tuki, ettei muottilevy pääse pullistumaan tuentojen välillä.



KUVA 17. Muotin reunan tuenta puutavaralla

9 KALUSTON VARASTOINTI JA TÄYDENTÄMINEN

Muottikaluston varastoiminen työmaalla voi olla tilan ahtauden vuoksi haastavaa, siksi suurissa kohteissa kaluston hankkiminen erissä onkin välttämätöntä. Kaluston varastoiminen tulee suunnitella siten, että se on logistisesti järkevää eikä muottikalustoa tarvitse siirrellä useaan kertaan. Yksinkertaisin ratkaisu tähän on purkaa muottikalusto suoraan rekan lavalta nosturin avulla alueen läheisyyteen, jossa muotti tullaan valmistamaan, jättäen kuitenkin tilaa itse muotin valmistamiselle. Muottikaluston välivarastointi on mahdollista, mikäli työmaan varastointialueella on tilaa. Tätä kuitenkin on suositeltavaa välttää isoilla työmailla.

Työnjohtajan tulee olla selvillä käytettävissä olevan kaluston määrästä ja pyrkiä tilaamaan täydennystä mahdollisuuksien mukaan vähintään viikon etukäteen. Tilausta tehdessä on myös suositeltavaa tiedustella muottikaluston vuokraavalta taholta seuraavan mahdollisen toimituksen ajankohtaa. Tällä tavalla pystytään varmistamaan muottikaluston riittävyys.

10 HOLVIN JÄLKIJÄNNITTÄMINEN

10.1 Jälkijännittäminen yleisesti

Paikallavalettavan holvin jälkijännittäminen suoritetaan tapauksissa, joissa vaaditaan suurta kuormituskestävyyttä eikä rakenteen alapuolelle ole mahdollista tehdä tiheää pilarilinjastoa. Yleisiä esimerkkejä tällaisista pitkien jännevälien holvirakenteista löytyy mm. parkkiahalleista. Tämän työn kohteena olevan Ratinan Kauppakeskuksen jännitetyn holvin alapuolinen tila toimii kauppakeskuksen logistiikkakeskuksena ja avarana toteutuksena vaatii pilareille suuret jännevälit. Lisäksi päällä kulkeva liikennöity katu lisää holvirakenteen kuormituskestävyyden vaatimuksia.

Paikallavaletun holvin jälkijännittäminen voidaan suorittaa joko tartunnallisilla jänteillä tai tartunnattomilla jänteillä. Nämä punokset vedetään holvin raudoituksen aikana rakennesuunnitelmien osoittamille paikoille koko holvin matkalle.

Jännepunosten asettaminen raudoituksen sekaan tulee suorittaa siten, että jänneen pituussuuntainen korkeuden muutos huomioidaan. Tämä pystytään varmistamaan esimerkiksi hitsaamalla holvin pohjaraudoitukseen korkotukia. Tällöin jännepunos saadaan kulkemaan oikeassa kohdassa ja oikeassa korkeudessa. Lisäksi punos pystytään kiinnittämään näihin korkotukiin esimerkiksi surrilangalla, jolloin voidaan varmistua siitä, että punos ei pääse liikkumaan betonivalun aikana suunnitellulta paikaltaan. (Oldén 2017.)

10.2 Käytettävä materiaali

Jännepunoksissa käytettävä materiaali tulee olla Suomen Standardoimisliiton (SFS-EB ISO 15630-3) mukaista. Jänteissä käytettävä teräs on huomattavasti korkempilujuuksista, kuin tavallinen rakenneteräs. Jänneteräksen lujuus on lähes 10 kertaa suurempi verrattuna rakenneteräkseen. Jänneterästä tulee pystyä jännittämään 1200 – 2000 MPa.

Jännepunokset toimitetaan keloissa, joissa on lähes 2000 metriä jännepunosta. Jokainen kela on numeroitu tunnuslappuun, josta selviää tehtaasta valmistuserä, nimellishalkaisija,

punostyyppi, pituus, massa, relaksaatioluokka, BY-merkki sekä valmistajan tunnus. Lisäksi kelojen mukana tulee toimittaa kyseisen valmistuserän laadunvalvonnan testitulokset. Ennen jännepunosten asentamista tulee vielä varmistaa, että kelalla olevan jänne-teräksen nimellisarvot vastaavat suunnitelmassa annettuja arvoja.

10.3 Tartunnalliset, jälki-injektoitavat jänteet

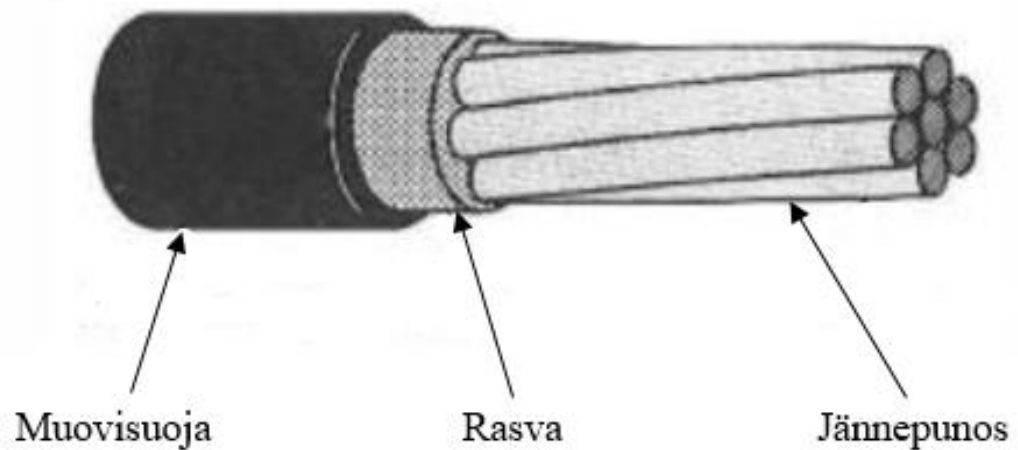
Tartunnalliset jälki-injektoitavat MK4 jänteet vedetään ennen holvin valamista raudoituksen sekaan asennettujen suojaputkien lävitse. Suojaputken materiaali on normaalisti terästä, mutta myös korkealujuuksista muoviputkea voidaan käyttää. Tämän työn käsittelevässä kohteessa käytettiin kuitenkin perinteistä teräksistä kierreputkea.

Holvissa kulkevasta suojaputkesta vedetään useampi jännepunos lävitse. Tässä tapauksessa jälki-injektoitava menetelmä poikkeaa tartunnattomasta menetelmästä siten, että tartunnattomassa jokainen punos kulkee omassa suojaputkessaan. Kun punokset on vedetty koko holvin matkalta suojaputken lävitse, voidaan ne katkaista. Katkaisemisen suorittajan tulee kuitenkin huomioida riittävän pituuden jättäminen ulkopuolelle, jotta punokseen pystytään kiinnittämään tunkki, jolla jänne kiristetään. Hyvänä nyrkkisääntönä on pitää vähintään 500mm punosta vielä holvin reunan ulkopuolella. Tämän hännän pituudella ei varsinaisesti ole kuitenkaan muuta merkitystä kuin tunkin kiinnittäminen. Jännittämisen jälkeen ylimääräinen osuus katkaistaan.

Tartunnalliset jänteet pystyvät vastaanottamaan suurempia dynaamisia kuormia kuin tartunnattomat jänteet. Tämän takia raskaasti kuormitetuissa kohteissa käytetään tartunnallisia jänteitä. Tartunnallisista jänteistä toimitetaan erillinen laadunvalvonnan testitulokset raportti (Liite 3.)

10.4 Tartunnattomat jänneet

Yksittäinen tartunnaton jänne kulkee omassa muovisessa suojaputkessaan (KUVA 18). Muoviputken ja jänneen väliin jäävä tyhjä tila täytetään suojarasvalla. Jänneissä käytettävä rasva tulee säilyä plastisena kaikissa olosuhteissa.

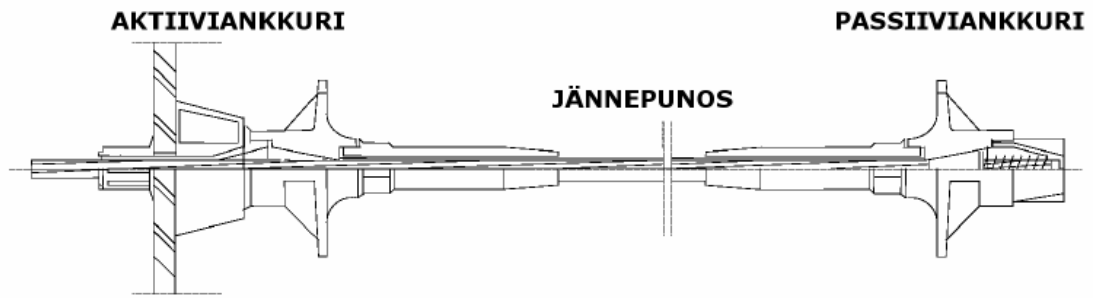


KUVA 18. Tartunnaton jänne

Yksittäiset tartunnattomat jänneet vedetään holvin raudoituksen lävitse rakennesuunnittelijan ohjeen mukaisesti. Erityistä tarkkaavaisuutta tulee noudattaa jänneiden pituus-suuntaisessa korkeuden muutoksessa. Pilarilinjan kohdalla olevat punokset kulkevat holvirakenteessa korkeammalla kuin muualla. Syynä tähän on yksinkertaisesti se, että pilarin kohdalla holville tulevat voimat siirtyvät pilareiden myötä anturoille ja maaperään. Pilarittoman alueen osalta jänne kulkee reilusti holvin paksuuden keskilinjan alapuolella. Punokset ottavat holville tulevaa taivutusta vastaan.

Tartunnattomat jänneet ovat vähemmän työläitä asentaa kuin tartunnalliset jänneet ja siksi niiden käyttöä suositaan mahdollisuuksien mukaan. Tartunnattomista jänneistä toimitetaan erillinen laadunvalvonnan testitulospöytäkirja (Liite 4).

Tartunnattoman jänneen päihin sijoitettavat passiivi- ja aktiiviankkurit (KUVA 19) sijoitetaan siten, että passiiviankkuri jää kokonaan valun sisäpuolelle. Aktiiviankkuri asennetaan puolestaan siten, että ankkurin pää jää laatan ulkopuolelle.



KUVA 19. MK-4 tartunnaton jänne. Vasemmalla aktiiviankkuri. Oikealla passiiviankkuri

10.5 Jännityksessä käytettävä kalusto

Holvin jälkijännityksessä käytettävään kalustoon kuuluvat nestepumppu, tunkki sekä hydrauliletkut näiden välille. Sähköllä toimiva nestepumppu työntää hydraulinestettä letkun kautta tunkille. Tunkilta hydraulineste palaa toista letkua pitkin takaisin pumpulle.

Yleisimpiä jännittämisessä käytettäviä tunkkimalleja ovat putkitunkki sekä kaksoissylinteritunkki. Näiden lisäksi löytyy mm. pienempiä tunkkeja joita voidaan käyttää koh-teissa, joissa tilaa on hyvin rajallisesti.

10.6 Sallitut poikkeamat

Jänteiden asentaminen holvin raudoituksen sekaan suoritetaan rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Ratinan kohteessa rakennesuunnitelmien mukaiset toleranssit tartunnattomien jänteiden sijoituksessa; pystysuuntainen mittapoikkeama 5mm ja vaakasuuntainen mittapoikkeama 20mm.

10.7 Jännittäminen

Holvin jännittämiselle on annettu tietyt voimat rakennesuunnittelijan toimesta. Jännittämisessä käytettävä pumpun paine voidaan laskea seuraavanlaisella kaavalla

$$p = \frac{F}{A}$$

p = paine

F = käytettävä voima

A = käytettävän tunkin sylinterin tehollinen pinta-ala

Tunkin kyljestä tulee löytyä tiedot laitteen sylinterin tehollisesta pinta-alasta tai vastaavasti ne tulee selvittää laitteen valmistajalta.

Vuolteenkadun alaisen holvirakenteen betonimassana käytettiin K50-1 vesitiivistä massaa. Holvin jännittämisen suoritettiin tartunnattomien jänteiden osalta betonin lujuuden saavutettua 35Mpa lujuus eli 70% lopullisesta nimellislujuudesta. Tartunnallisten jänteiden jännittäminen suoritettiin tiehallinnon suunnitteluohjeiden mukaisesti. Tässä tapauksessa rakenteen lujuudenkehitys tuli olla saavuttanut vähintään 45Mpa lujuus eli 90% betonin nimellislujuudesta.

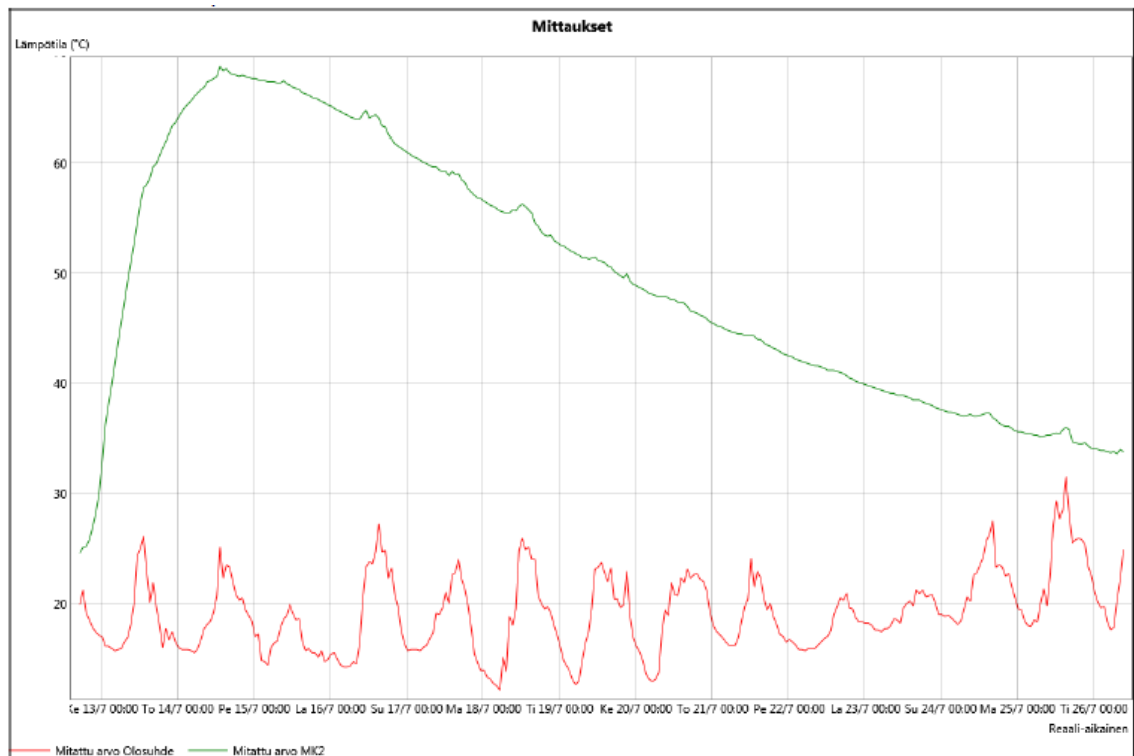
Betonin lujuuden kehityksen seurannassa voidaan käyttää apuna dataloggeria, jossa anturit sijoitetaan valettavaan kohteeseen. Laitteella saadaan tietoa valetun kohteen betonin lujuuden kehityksestä. Mikäli tällaista laitetta ei ole käytettävissä, voidaan rakenteen lämpötilaseurannan avulla päätellä lujuudenkehitys oheisen taulukon mukaisesti (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Betonin lujuuden kehitys eri lämpötiloissa ja lujuusluokissa (BY 50, taulukko 4.15)

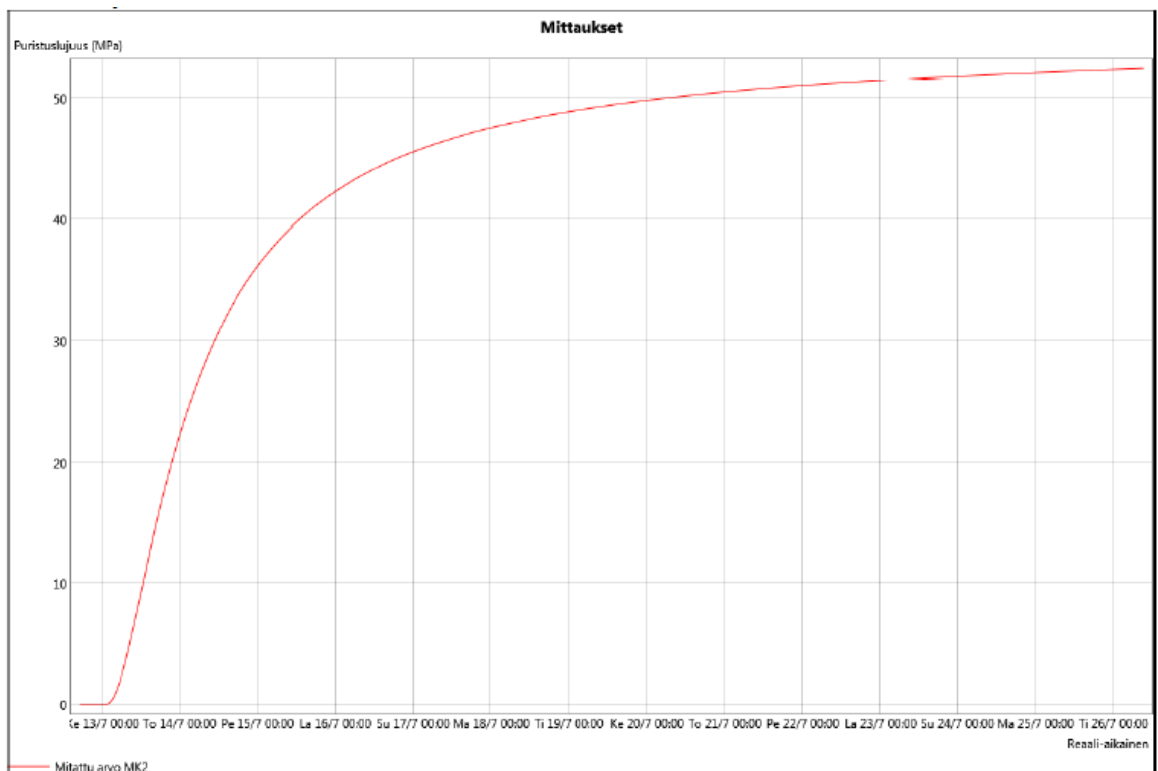
Betonin lämpötila (C °)	Aika (d) jolloin saavutetaan 60% nimellislujuudesta			Aika (d) jolloin saavutetaan 70% nimellislujuudesta			Aika (d) jolloin saavutetaan 80% nimellislujuudesta		
	C25/30	C30/37	C40/50	C25/30	C30/37	C40/50	C25/30	C30/37	C40/50
10	11	9	7	17	15	13	26	24	22
20	6	4,5	4	9	7,5	6,5	14	12	12
30	3,5	3	2,5	5,5	4,5	4	8	7,5	7
40	2,5	2	1,5	3,5	3	3	5,5	5	5

Vuolteenkadun alaisen holvin lujuuden seuranta suoritettiin dataloggerin avulla. Loggerista saadut tiedot syötettiin Ruduksen betoplus -ohjelmaan, josta saatiin rakenteen saa-

vuttama lujuus selville. Betoplus -raportista löytyy valetun rakenteen lämpötilat eri ajankohtina, ilmanlämpötila sekä betonin lujuudenkehityksen käyrä kuvaajassa (KUVA 20) (KUVA 21).



KUVA 20. 13.7 valetun holvin lämpötilan seuranta



KUVA 21. Betoplus -ohjelmasta saatu kuvio 13.7 valetun holvin lujuuden kehityksestä

Ennen jännitystyön aloittamista suoritetaan käytettäville jänteille koevenymäko. Hyväksytyin testin jälkeen voidaan alkaa jännittämään itse holvin jänteitä suunnitellussa järjestyksessä.

10.8 Jännittämispöytäkirja

Jännitettävästä kohteesta laaditaan jännittämistöiden suunnitelma sekä täytetään jännityspöytäkirja. (Liite 5.) Jännittämistöiden suunnitelmasta selviää jänneiden jännittämisjärjestys. Tässä tapauksessa ensimmäisenä jännitettiin itse paikallavaletun holvin laatta jännittämispöytäkirjan mukaisessa järjestyksessä. Laatan jännittämisen jälkeen suoritettiin palkkien jännittäminen. Jännittämispöytäkirjaan merkitään jokaisen jännitetyn jänneen venymä.

10.9 Jännitystyön laadunvarmistus

Jännitystyön suorittavalla taholla tulee olla sertifikaatti, jolla todistetaan kelpoisuus työn suorittamiselle. Ratinan työmaan paikallavaletun holvin jännittämisen suoritti Tensicon Oy, jolta tällainen todistus löytyy (KUVA 22.)

Jännitetyt rakenteet kuuluvat 1-rakenneluokkaan. Tämä tarkoittaa, että niiden suunnittelussa ja toteuttamisessa vaaditaan erityistä pätevyyttä sekä huolellisuutta. 1-rakenneluokkaan kuuluvan rakenteen valvojana tulee olla työnjohtaja, jolla on 1-luokan betonityönjohtajan valtuudet.

Jännepunosten asennustarkastus suoritettiin ennen betonivalua raudoitustarkastuksen yhteydessä. Rakennesuunnittelija tulee paikanpäälle tarkastamaan jännepunosten asentajan kanssa suunnitelmien mukaisen sijoituksen. Mikäli tarkastuksessa ilmenee puutteita, tulee ne korjata ennen rakenteen valamista.

DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL



DYWIDAG-Systems International (DSI)

as holder of the European Technical Approval

ETA-03/0036

SUSPA/DSI - Unbonded Monostrand System with 1 to 5 Monostrands

herewith testifies that
relevant managers and employees of

TENSICON OY
Rattifie 17
007700 Helsinki 77, Finland

★ ★ ★
★ have been ★
★ trained by DSI and ★
★ are properly experienced ★
★ in installation, stressing ★
★ and filling of duct ★
★ of the aforementioned ★
★ PT-system. ★

★ ★ ★
DSI herewith recognizes

TENSICON OY

as

Post-Tensioning Specialist Company

for the aforementioned PT System
within the meaning of

CEN Workshop Agreement (CWA 14646:2003)


CEO PT EMEA

Validity: 29th June 2018


Quality Manager

KUVA 22. Jännitystyöhön oikeuttava sertifikaatti

11 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli laatia ohje massiivisen holvirakenteen muotin valmistukselle. Massiivisen paikallavalettavan holvin muottityön perusteellinen suunnitteleminen etukäteen luo hyvät lähtökohdat työn suorittamiselle. Työssä kohdattaviin mahdollisiin vastoinkäymisiin pystytään reagoimaan nopeammin, kun tiedetään mitä työn suorittamisessa voi tulla vastaan.

Muottien purkaminen voidaan aloittaa kun valettu rakenne on jännitetty. Muotin purkamisessa tulee huomioida työturvallisuus jotta purkutyössä ei tapahdu onnettomuuksia. Massiivisessa kohteessa muottikaluston kierrättäminen mahdollisuuksien mukaan on suotavaa, että muottikaluston vuokratustannukset pysyisivät mahdollisimman alhaisina. Muottia purettaessa kaluston kunnan tarkastaminen ja puhdistaminen seuraavaa käyttöä tai kaluston palauttamista varten on suositeltavaa.

Oikean muottikaluston valitseminen rakennettavalle kohteelle on yksi merkittävimpiä aikatauluun vaikuttavia seikkoja. Lisäksi riittävän muottikaluston ylläpitäminen säännöllisin täydennyksin takaa jouhean työn etenemisen. Tällöin päästään myös kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Tämä opinnäytetyö tehtiin suuresta kohteesta, jonka toteuttaminen oli normaalia haastavampaa. Tästä syystä tätä ohjetta pystytään soveltamaan myös pienemmissä kohteissa.

LÄHTEET

Oldén, S. Valutyönjohtaja. 2017. Haastattelu 24.4.2017. Haastattelija Luhtamaa, H. Tampere

Doka, Dokaflex 1-2-4, asennus- ja käyttöohje, luettu 15.2.2017
<https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-floor-systems/timber-beam-floor-formwork/dokaflex/index>

Paukkonen, Oona 2010: Paikallavalettujen betonilaattarakenteiden jännitystöiden laadunvarmistus työmaalla

LIITTEET

Liite 1. Haastattelu A

1(2)

Opinnäytetyö haastattelu

Massiivisen holvin muottityö sekä holvin jälkijännittäminen

Haastattelija:	Henri Luhtamaa
Haastateltavat:	Janne Hostikka, Kirvesmies, Rakennusliike H.Peltomaa Jani Hakala, Kirvesmies, Rakennusliike H.Peltomaa Tero Saarinen, Kirvesmies, Rakennusliike H.Peltomaa

Käyttökokemuksia ja mielipiteitä Doka Staxo muottikalustosta ?

- Todella kätevä ratkaisu massiivisen holvimuotin valmistukseen. Tukitornien rakentaminen on helppoa ja kohtalaisen nopeaa. Telineen koosta riippuen yhden tornin rakentamiseen kuluu aikaa n. 10-15min. Vastaavan kokoisen tukirakenteen valmistaminen pelkästä puutavarasta veisi vähintään kolmikertaisen ajan. Ahtaissa paikoissa työskenteleminen hieman hankalaa mutta kuitenkin järkevämpää kuin perinteisen ”kakkosnelosen” kanssa muotin rakentaminen

Doka –palkkien ja levyjen käyttämisen edut ja haitat ?

- Todella monipuolinen valikoima erimittaisia palkkeja käyttökohteen mukaisesti on iso plussa. Verrattaessa Peri:n tuotteisiin palkkien paino miinusta. Muuten käyttökokemus samanlainen.
- Valmiiden Doka –levyjen käyttäminen nopeuttaa valmiin pinnan valmistamista niiden koon vuoksi. Levyjen perusteellinen puhdistaminen käytön jälkeen takaa useamman käyttökerran, joka vähentää tavaran varastoimisen määrää. Ns. Pilalle menneiden levyjen käyttäminen on myös myöhemmin mahdollista mikäli kohteessa tarvitsee sahata levyjä eri muotoon. Kulmistaan rispaantuneet levyt pysty-

tään hyödyntämään vielä näissä kohteissa. Kolmikerroksinen muottilevy on myös kevyempää kuin vastaavan paksuinen muottivaneri. Tämä lisää käyttömu-
kavuutta.

Vertailua perinteiseen puutavaramuottiin ? Mitkä etuja, mitkä haittoja ?

- Tukitornien sekä valmiiden palkkien ja levyjen käyttäminen muotin valmistamisessa huomattavasti nopeampaa kuin perinteisestä puutavarasta valmistamalla. Palkit ovat määrämittäisiä eikä niitä tarvitse lyhennellä. Mikäli lyhyemmille kuin työmaalla oleville palkeille koituu tarvetta, voidaan halkeilleita tai muutoin huonoiksi menneitä palkkeja sahata tarvittavaan kokoon.
- Yksittäisten elementtien kesken loppuminen voi tuottaa tietyissä paikoissa ongelmia, mutta esimerkiksi tukitornit ovat niin muuntelukykyisiä, että yleensä ongelma ratkeaa hyvinkin helposti.
- Tukitornien rungoissa olevat kiinteät raput helpottavat telineeseen kiipeämistä
- Yleisesti katsottuna tukitorni menetelmällä muotin rakentaminen on huomattavasti mielekkäämpää sekä nopeampaa kuin perinteinen puutavara
- Miinuksina mainittakoon tukitornien rakentaminen, mikäli käytettävissä ei ole nosturia. Kohteessa käytetyt tukitornien rungot ovat terästä johtuen valettavan rakenteen vahvuudesta. Alumiinisten telineiden rakentaminen olisi miellyttävämpää, mutta teräksistenkin kanssa tulee hyvin toimeen.

Liite 2. Haastattelu B

1(2)

Opinnäytetyö haastattelu

Massiivisen holvin muottityö sekä holvin jälkijännittäminen

Haastattelija: Henri Luhtamaa
Haastateltava: Sami Oldén, RM, Aki Hyrkkönen Oy

Jännittäminen yleisesti :

- Jännittämisellä rakenteelle saadaan suurempi kantavuus. Jännittäminen mahdollistaa suuremmat jännevälit, joka tämän kohteen tapauksessa on välttämättömyys.

Keliolosuhteiden huomioonottaminen :

- Vuolteenkadun alaisen holvin valamisen suhteen keliolosuhteet otettiin huomioon lähinnä vesisateiden takia. Sateessa valamista pyrittiin välttämään, mutta lämpötilojen huomioiminen oli olematonta valujen keston vuoksi. Yksittäisen alueen valaminen kesti yli 12 tuntia.

Valun lämpötilatavoitteet sekä niihin pääseminen :

- Suuren rakennevahvuuden vuoksi betonin lujuudenkehityksessä syntyvässä reaktiossa syntyy paljon lämpöä. Rakenteen lämpötila ei saa nousta yli 60°C. Betonimassassa ei käytetty kemiallisia reaktiohidastimia, ainoa hidastimena toiminut aine oli masuunikuona jota alueesta riippuen oli jopa 60%. Rakenteen valamisen jälkeen seurattiin valetun kohteen lämpötilaa. Valun pintaa kastellaan kunnes sisä- ja pintalämpötilojen ero on noin 15-20°C. Lämpötilaeroa ei saa kuitenkaan päästää kasvamaan yli 25°C koska tällöin on suuri riski, että rakenteeseen syntyy halkeamia. Tämän jälkeen valettu pinta eristetään solumuovilla ja rakenteen sisälämpötila pitää yllä myös pinnan lämpötilaa.

Yksittäisen alueen valukerrosten lukumäärät :

- Rakennevahvuudesta riippuen palkkilinjoilla 4-5 kerrosta. Vahvimmat palkkilinjat ovat 1550mm joten niiden kerralla täyteen valaminen ei ole järkevää vaan tukitorneille tulevaa kuormitusta tasataan valamalla palkit useammassa kerroksessa. Kerrosten välinen vibraaminen tulee suorittaa huolellisesti, että

kerrokset varmasti sekoittuvat kunnolla. Itse holvilaatta oli vahvuudeltaan 550mm. Se valettiin 1-2 kerroksessa.

Jännittämisen onnistuminen

- Ennen varsinaista jännittämistä suoritettiin käytettävälle punosmateriaalille koevenymät. Hyväksytyn koevenymä testin jälkeen voitiin aloittaa itse holvin jännteiden jännittäminen. Jännittäminen suoritettiin rakennesuunnittelijan antamien voimien mukaisesti. Jännitystyöstä täytettiin jännityspöytäkirja johon on merkitty jännteiden tyyppi, pituus sekä jännityksen tulos.

Tartunnallisten jännteiden asentaminen sekä työjärjestys jännittämiseen asti :

- Valmiin holvimuotin palkkilinjojen päihin kiinnitetään jänneankkurit rakennesuunnittelijan suunnittelemaan kulmaan
- Teräksinen haitariputki (jännteiden suojaputki) vedetään rakennesuunnittelijan suunnittelemissa korkomerkitöjen mukaisesti.
- Jännepunokset vedetään suojaputken lävitse
- Holvin valaminen
- Jännteiden jännittäminen
- Suojaputken täyteen injektointi (vesi-sementti seos)

Valetun holvin jännittämisen ajankohta:

- Valettuun holviin on sijoitettu dataloggeri, jonka avulla seurataan rakenteen lämpötiloja. Nämä lämpötilat syötetään Ruduksen Betoplus- ohjelmaan josta saadaan betonimassan tietojen sekä seurattujen lämpötilojen avulla selville rakenteen lujuuden kehitys. Tartunnattomien jännteiden jännittäminen voitiin aloittaa betonin saavutettua 70% lopullisesta nimellislujuudesta. Tartunnallisten jännteiden jännittäminen voitiin puolestaan aloittaa vasta rakenteen saavutettua 90% lopullisesta nimellislujuudesta.

Liite 3. Sileiden punosten ainetodistus

1(2)



PRESTRESSING STRAND
 Inspection CERTIFICATE
 EN 10 204 3.1

Todistus nro 16-40319 Hyväksyjä ja laatija TIL/TLJ Sivu 1
 Pvm 13.07.16

Asiakas Insinööritoimisto Tensicon Oy Vastaanott Insinööritoimisto Tensicon Oy
 Tilaus nro. 16-30176 Ratina Kauppakeskus
 Rivi nro 20000 FI-33100 Tampere
 As.til.nro Finland

Tuotekuvaus S71570EN30 prEN 10138-3(1860) Y1860S7-15,7-R1

Keloja 16
 Määrä 38 932 kg
 Halkaisija 15,7 mm
 Käyttöseloste 376M1

Coil nr	Fm kN	Fp 0,2 kN	Fp 0,1 kN	Agt %	Area mm2	E-mod kN/mm2	Length Mass	Weight kg	Charge No.
15-33149	288,5	265,6	258,1	5,1	149,1	185	1 164,4	1 238	2015451610
16-31311	285,3	263,8	259,3	6,0	149,4	190	1 166,4	2 836	2016502950
16-31312	284,4	262,1	256,4	6,1	149,5	188	1 167,3	2 838	2016502950
16-31313	284,4	263,0	257,7	5,6	149,4	185	1 166,5	2 836	2016502950
16-31318	284,8	265,3	259,4	4,8	149,6	187	1 168,2	1 336	2016502950
16-31328	285,1	267,8	263,3	5,1	149,7	194	1 169,2	2 786	2016502960
16-31329	284,7	267,1	262,1	4,4	149,8	185	1 170,2	2 760	2016502960
16-31330	283,9	264,5	258,6	4,3	149,7	195	1 169,4	2 904	2016502960
16-31334	283,9	265,2	259,8	4,4	149,7	189	1 169,4	2 958	2016502960
16-31335	284,8	258,8	251,8	6,0	149,8	192	1 170,0	2 906	2016502960
16-31342	283,3	262,1	254,9	4,7	149,9	205	1 171,0	1 786	2016502960
16-31345	285,8	265,4	259,0	4,8	149,9	185	1 171,0	2 178	2016502960
16-31352	286,1	267,2	264,0	5,6	149,9	185	1 170,6	2 722	2016502960
16-31353	286,2	261,4	253,6	5,7	149,7	200	1 169,4	2 782	2016502960
16-31355	286,7	263,8	258,1	5,9	149,9	190	1 171,0	1 930	2016502960
16-31389	283,7	265,1	258,1	4,5	150,0	190	1 171,1	2 136	2016502960

SFS 1265-3 by PC01
 SS 212553 GlobeCert 0807
 prEN 10138-3 Norge GlobeCert 1401
 prEN 10138-3 Danmark GlobeCert 1509
 BS 5896 controlled by CARES 140402

FNsteel Dalwire Oy Ab

Postal address: Taalintehtaantie 679, 25900 Taalintehtas. Visitors address: Taalintehtaantie 679, 25900 Taalintehtas

Tel. Int. +358 (0)20 709 5350 Fax Int. +358 (0)20 709 5335

www.fnsteel.eu

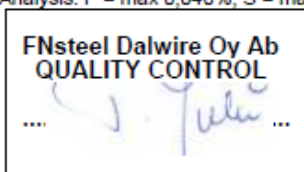
Reg. No: 602.950 Reg. Office: Kemlinnsaari



PRESTRESSING STRAND
Inspection CERTIFICATE
EN 10 204 3.1

Todistus nro	16-40319	Hyväksyjä ja laatija	TIL/TLJ	Sivu	2
				Pvm	13.07.16
Asiakas	Insinööritoimisto Tensicon Oy	Vastaanott	Insinööritoimisto Tensicon Oy		
Tilaus nro.	16-30176		Ratina Kauppakeskus		
Rivi nro	20000		FI-33100 Tampere		
As.til.nro			Finland		
Tuotekuvaus	S71570EN30 prEN 10138-3(1860) Y1860S7-15,7-R1				
Keloja	16				
Määrä	38 932 kg				
Halkaisija	15,7 mm				
Käyttöseloste	376M1				

Charge Analysis: P = max 0,040%, S = max 0,040%



FNsteel Dalwire Oy Ab

Postal address: Taalintehtaan tie 679, 25900 Taalintehtas. Visitors address: Taalintehtaan tie 679, 25900 Taalintehtas

Tel. Int. +358 (0)20 709 5360 Fax Int. +358 (0)20 709 5335

www.fnsteel.eu

Reg. No: 602.950 Reg. Office: Kemiönsaari

Liite 4. Rasvapunosten ainetodistus

GLOBAL SPECIAL STEEL PRODUCTS S.A.U.



Nueva Mierza, s/n - 30011 Santander
 Tfn: +34 942 200 360
 Fax: +34 942 200 301
 www.tycsapsc.com



TEST CERTIFICATE FOR SEVEN-WIRE STRAND

Inspection certificate EN 10204-3.1

CUSTOMER TENSION OY
DELIVERY N° 26597943
OUR ORDER 16524421
NOM. CROSS SECTION 150,00 MM2
DESIGNATION Y1860S7-15.7-R1

MATERIAL PC-s.unb. 15.70 right h.lay greas.unb.
NET WEIGHT 24.904 KG
NOM. DIAMETER 15,70 MM
LAY right hand lay

Coil N°	Heat N°	Cross Section mm2	Mass g/m	Breaking Load N/mm2	Proof 0,01% N/mm2	Proof 0,1% N/mm2	Proof 0,2% N/mm2	Min.Load 1% Elong. N/mm2	Modulus Elasticity kN/mm2	Elongation. Max.Load %	Length. M	Net Weight KG
	Minimum	147,00	1148,56	1860,0		1640,0	1650,00		185,00	3,50		
	Maximum	156,00	1195,44						205,00			
01956489	GS11041601	150,04	1177,80	1940,8	1480,94	1726,9	1766,20		196,90	5,26	1,859	2,464
01956506	GS11041601	150,03	1177,70	1945,6	1210,42	1720,3	1764,98		201,80	5,32	2,162	2,862
01956513	GS11041601	149,97	1177,30	1945,7	1208,24	1725,7	1765,69		200,90	6,15	2,161	2,850
01956527	GS11041601	149,99	1177,40	1948,1	1615,77	1744,8	1776,12		194,60	5,46	2,142	2,826
01956553	GS11041601	149,97	1177,30	1943,7	1212,24	1710,3	1761,02		203,90	5,06	2,163	2,852
01956571	GS11041601	150,05	1177,90	1935,4	1195,93	1710,1	1755,41		200,10	5,59	2,166	2,858
01956599	GS11041601	149,95	1177,10	1948,0	1207,07	1729,9	1771,26		199,30	6,11	2,169	2,870
01956614	GS11041601	150,03	1177,70	1939,6	1197,76	1721,7	1762,98		198,10	5,51	2,234	2,964
01956795	GS11041601	150,04	1177,80	1933,5	1193,02	1712,9	1752,87		199,50	5,29	1,790	2,368



QUALITY CONTROL

CHEMICAL COMPOSITION

Heat N°	C(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	S(%)
GS11041601	0,795	0,640	0,209	0,010	0,014

Material manufactured by TYCSA-PSC in Santander
 TYCSA certifies that the materials above have been manufactured and tested according to the customer's order

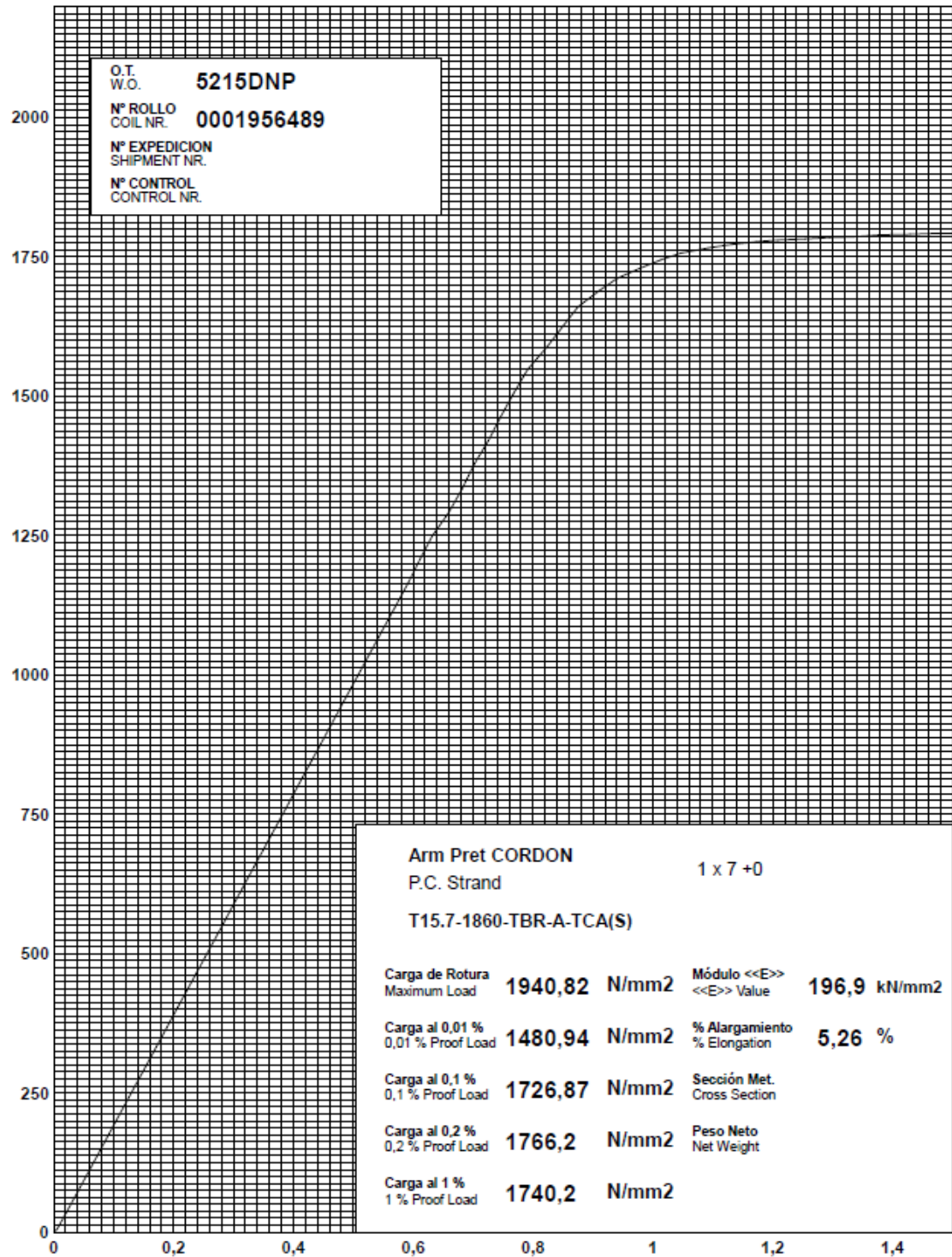
26.11.2015

Pag.:1/ 1

1(11)

TYCSA
P S C

TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²

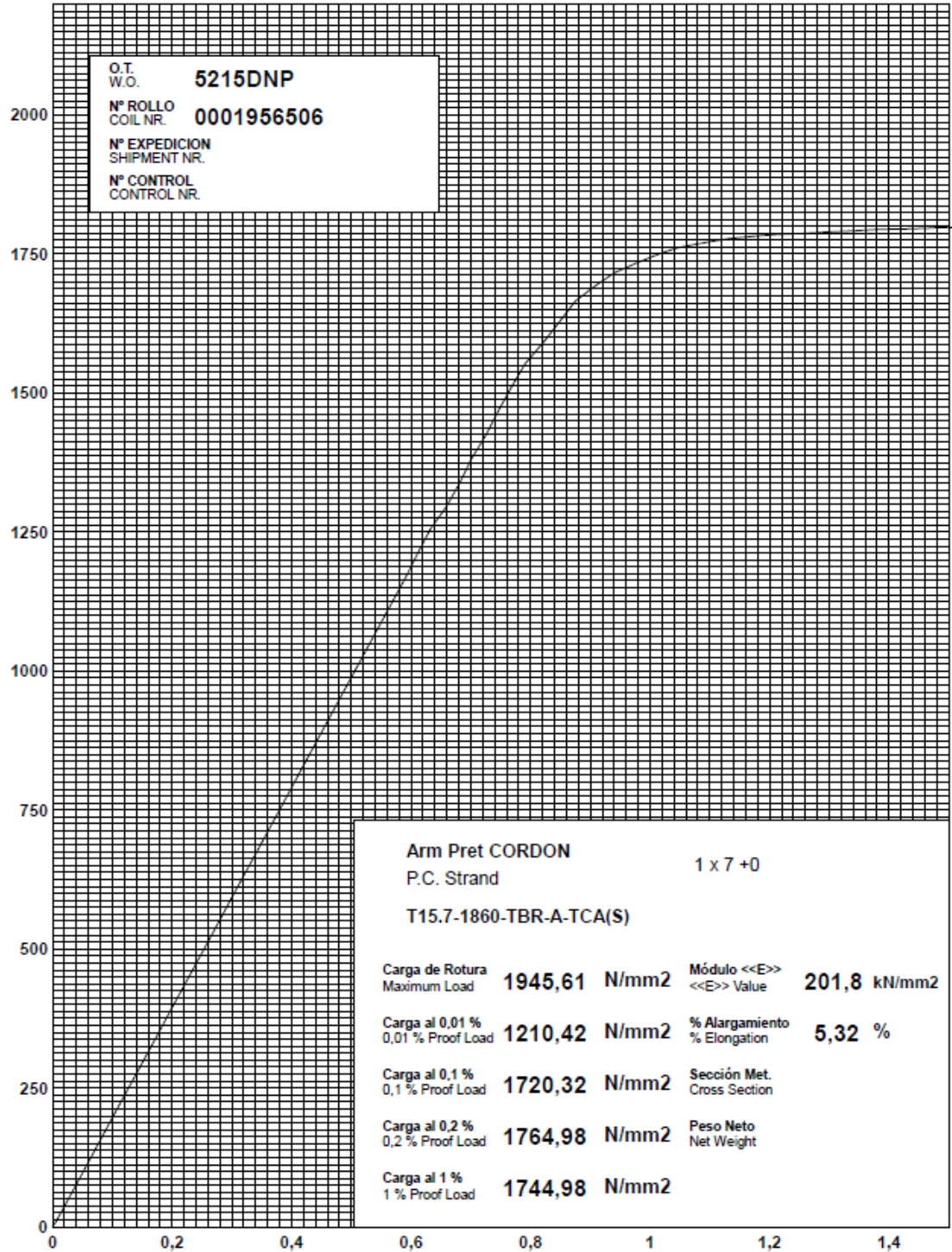
Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²

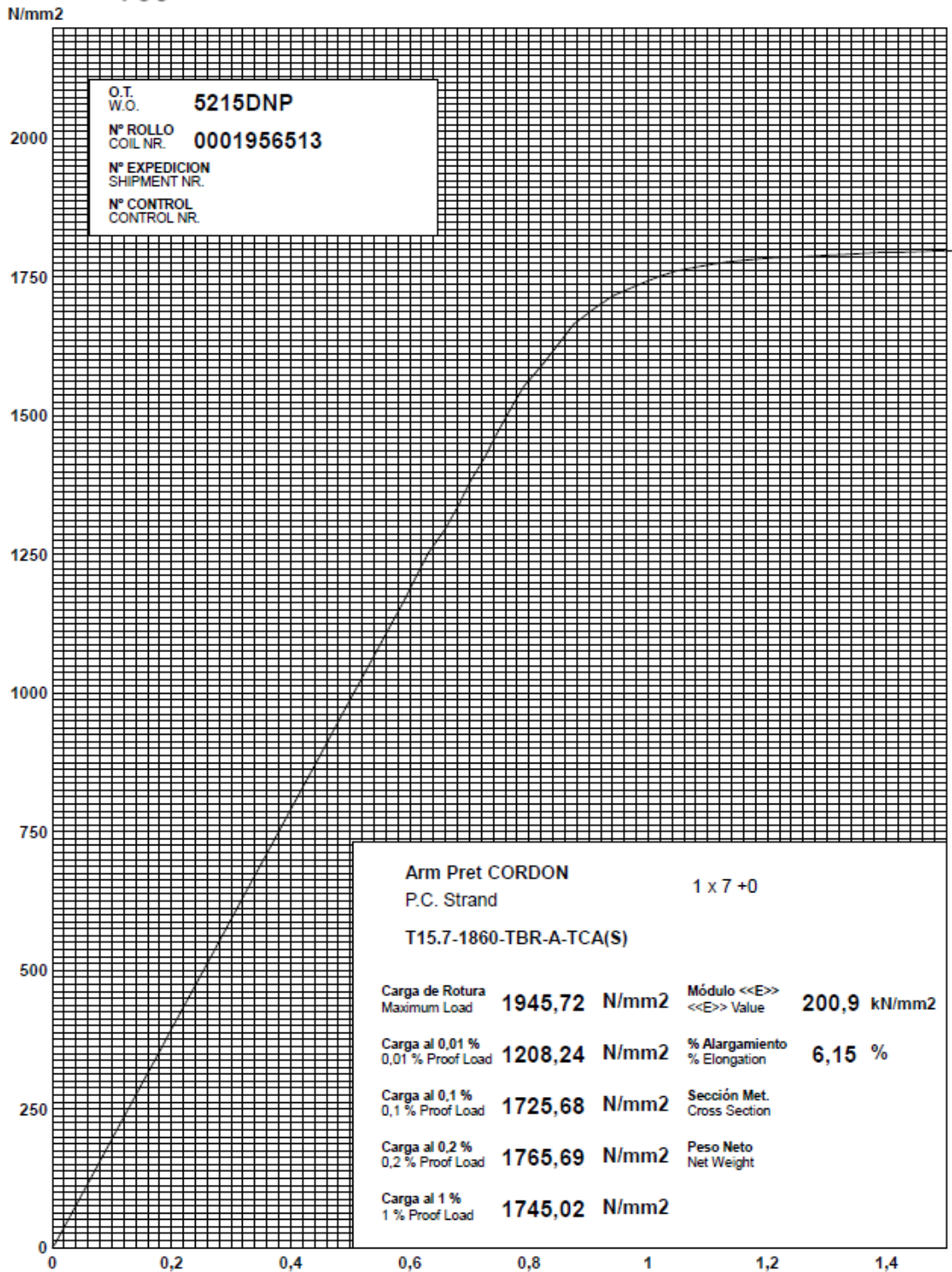


Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

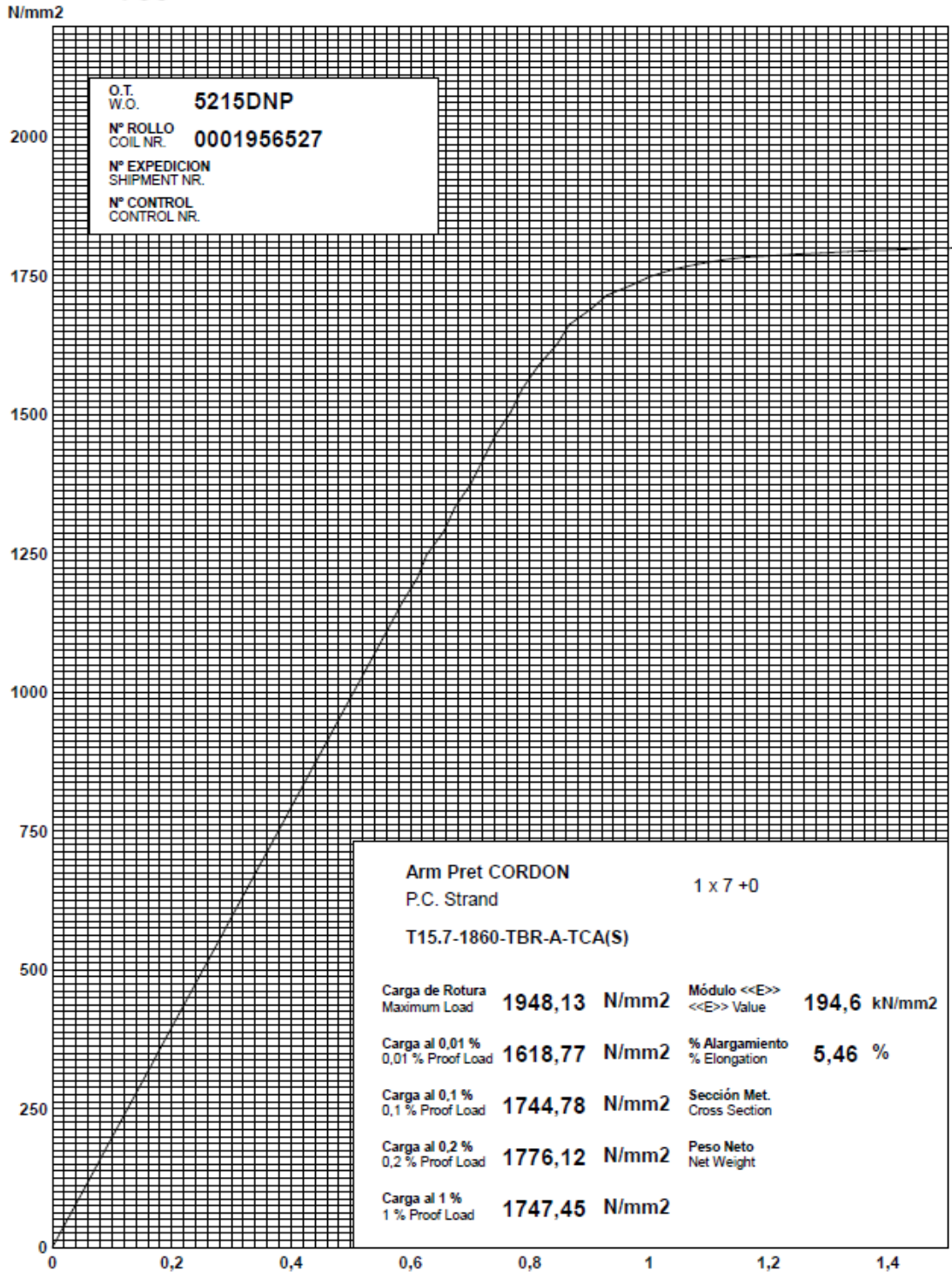


Mod.3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

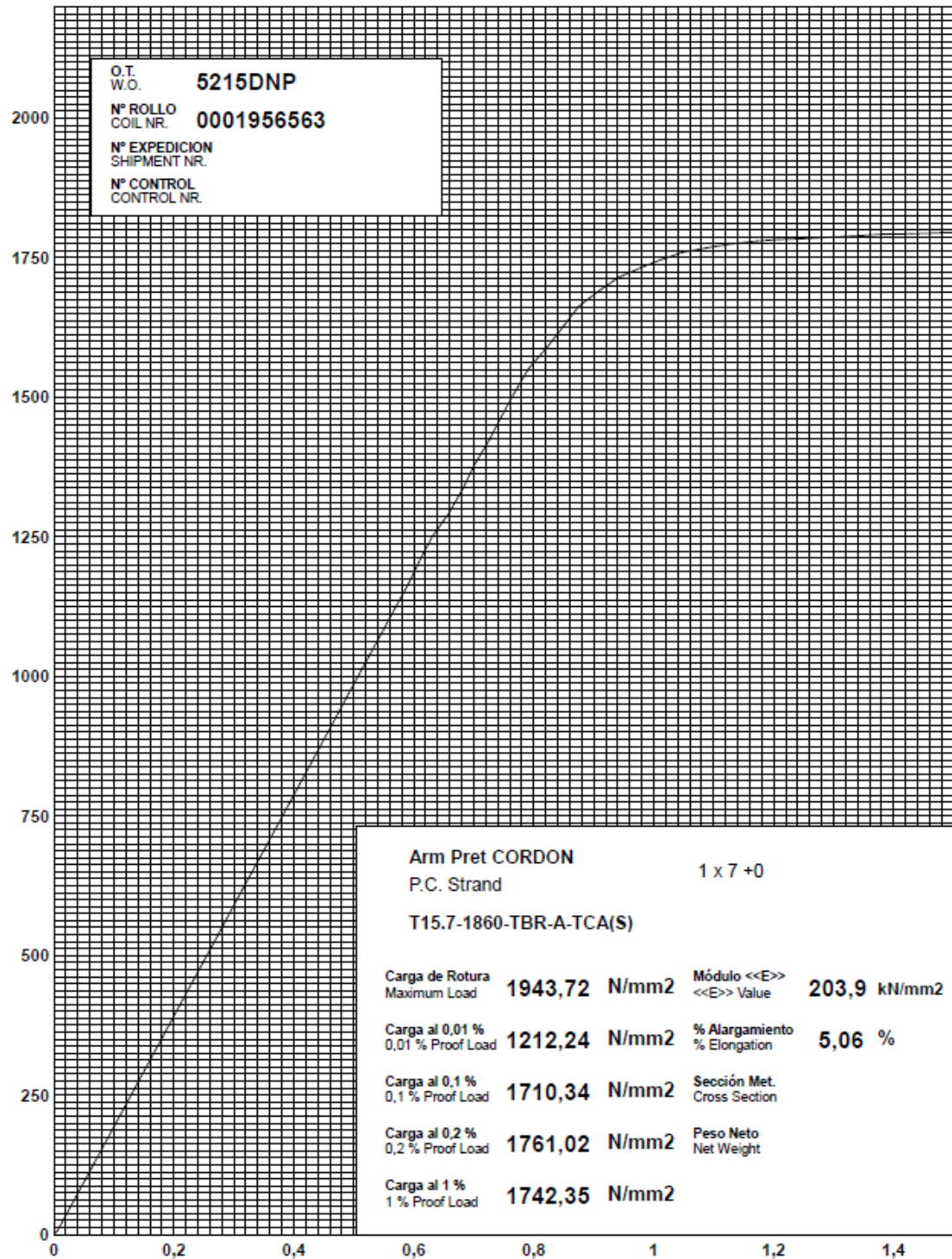


Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH

TYCSA
P S C

TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²

Arm Pret CORDON

P.C. Strand

1 x 7 +0

T15.7-1860-TBR-A-TCA(S)

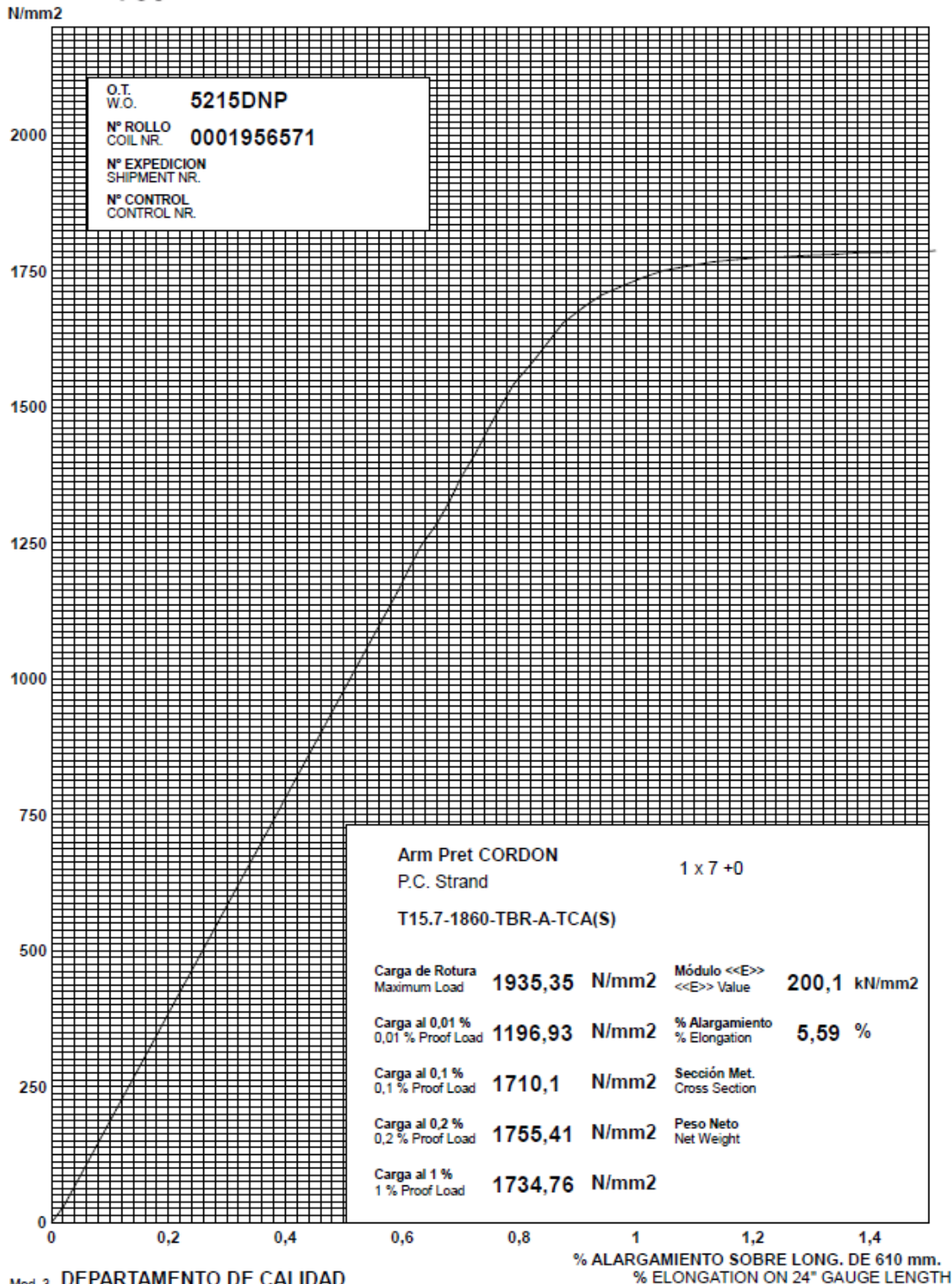
Carga de Rotura Maximum Load	1943,72	N/mm ²	Módulo <<E>> <<E>> Value	203,9	kN/mm ²
Carga al 0,01 % 0,01 % Proof Load	1212,24	N/mm ²	% Alargamiento % Elongation	5,06	%
Carga al 0,1 % 0,1 % Proof Load	1710,34	N/mm ²	Sección Met. Cross Section		
Carga al 0,2 % 0,2 % Proof Load	1761,02	N/mm ²	Peso Neto Net Weight		
Carga al 1 % 1 % Proof Load	1742,35	N/mm ²			

Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

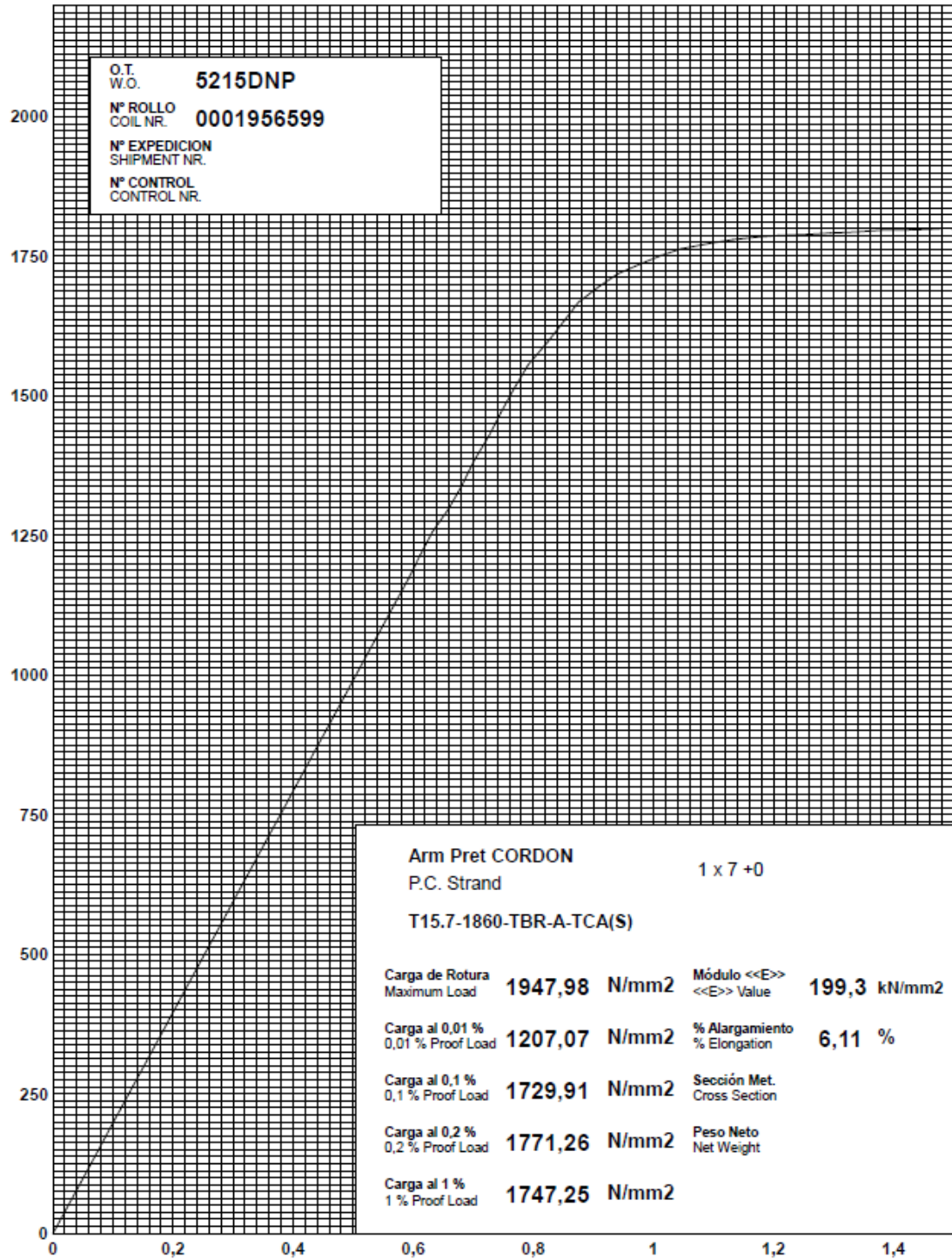


Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH

TYCSA
PSC

TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²

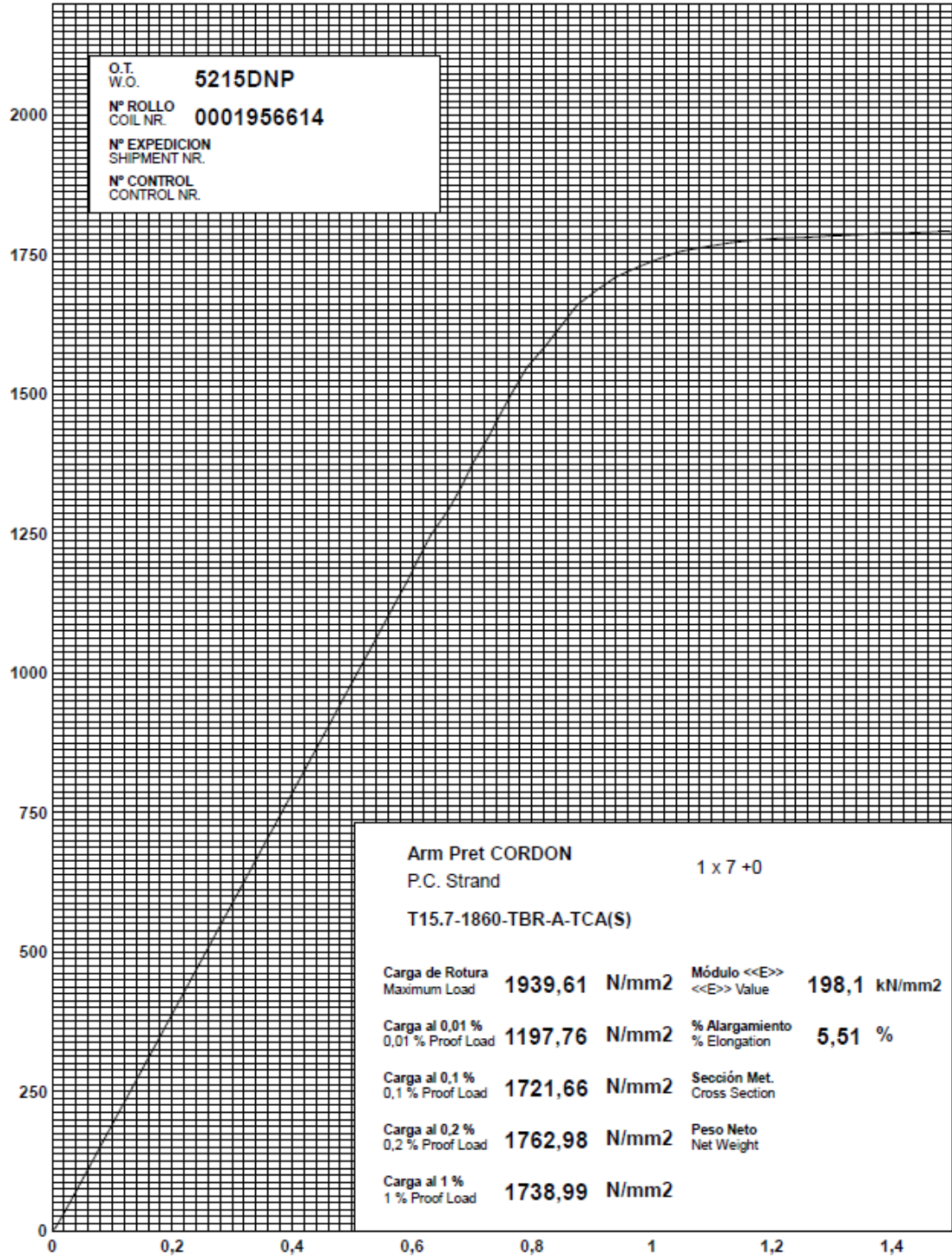
Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²



O.T. **5215DNP**
W.O.
Nº ROLLO / COIL NR. **0001956614**
Nº EXPEDICION / SHIPMENT NR.
Nº CONTROL / CONTROL NR.

Arm Pret CORDON
P.C. Strand **1 x 7 +0**
T15.7-1860-TBR-A-TCA(S)

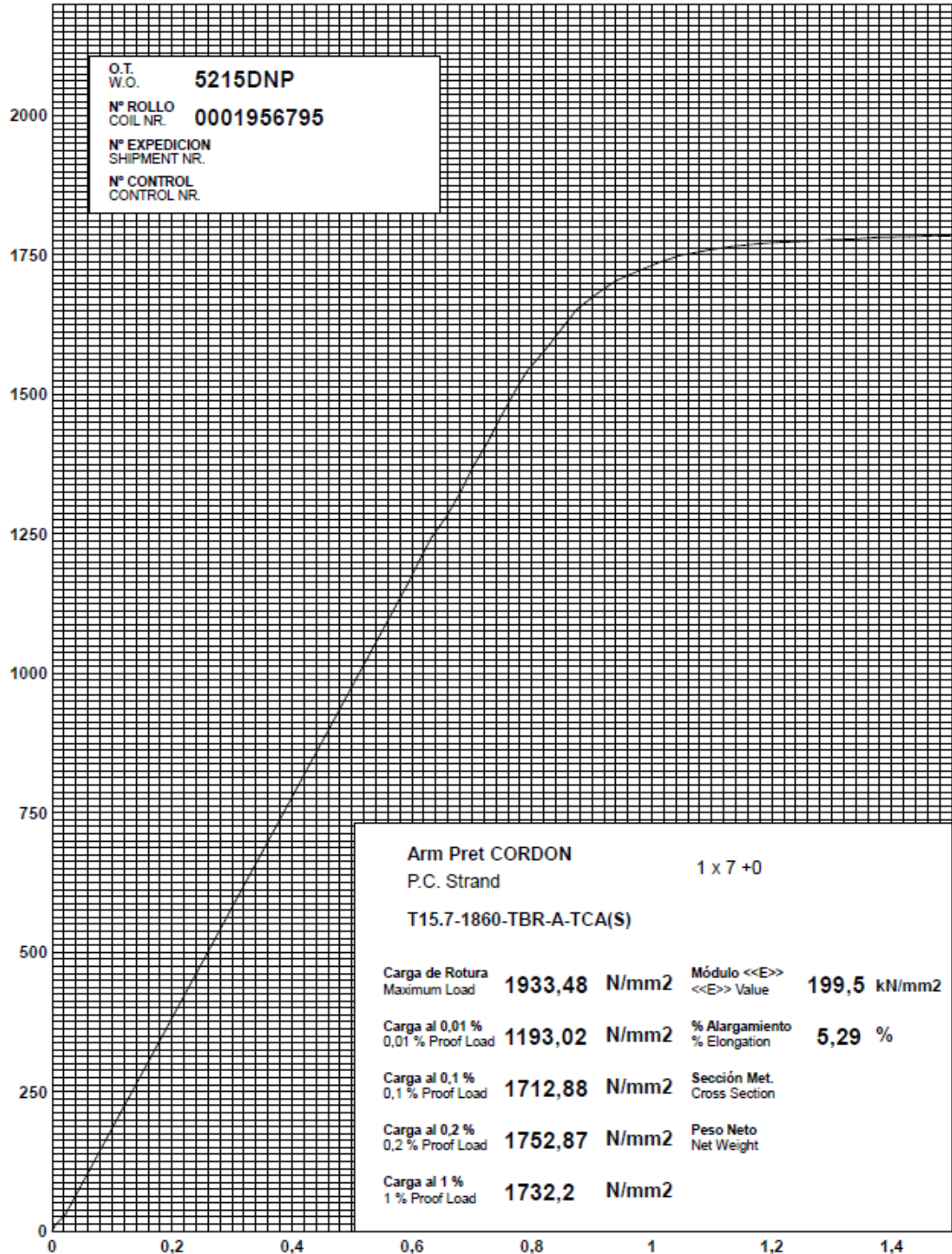
Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



TYCSA PSC
SANTANDER-ESPAÑA

N/mm²



O.T. **5215DNP**
W.O.
Nº ROLLO
COIL NR. **0001956795**
Nº EXPEDICION
SHIPMENT NR.
Nº CONTROL
CONTROL NR.

Arm Pret CORDON		1 x 7 +0	
P.C. Strand			
T15.7-1860-TBR-A-TCA(S)			
Carga de Rotura Maximum Load	1933,48 N/mm2	Módulo <<E>> <<E>> Value	199,5 kN/mm2
Carga al 0,01 % 0,01 % Proof Load	1193,02 N/mm2	% Alargamiento % Elongation	5,29 %
Carga al 0,1 % 0,1 % Proof Load	1712,88 N/mm2	Sección Met. Cross Section	
Carga al 0,2 % 0,2 % Proof Load	1752,87 N/mm2	Peso Neto Net Weight	
Carga al 1 % 1 % Proof Load	1732,2 N/mm2		

Mod. 3 DEPARTAMENTO DE CALIDAD

% ALARGAMIENTO SOBRE LONG. DE 610 mm.
% ELONGATION ON 24" GAUGE LENGTH



Global Special Steel Products, S.A.U.
Pol. Ind. Nueva Montaña s/n
C.P:39011 SANTANDER (ESPAÑA)

TECHNICAL RECOMMENDATION FOR THE TRANSPORT, STORAGE AND HANDLING OF STEEL FOR PRESTRESSING

TRANSPORT & RECEPTION

The material in any delivery format, regardless of the product packaging, must be transported under cover, to prevent damage which may encourage water leakage caused by the weather.

Upon receipt of material, the condition of material received must be checked, facing any irregularity about the condition of the material, this should be stated on the transport document CMR and factory must be notified as soon as possible.

STORAGE

All material must be protected against physical damage or corrosion from production to use, well maintained material from rain and humidity, also avoiding aggressive environments that may cause corrosion (corrosive liquids such as acids ...) .

The storage facility must be set in a way that is kept far enough away from the floor, especially if dirty or contaminated

Stacking should not exceed 3 heights.

Any damage to the packaging should be corrected and returned to its original state to maintain protection.

Avoid covering the products with materials that can facilitate the process of condensation.

HANDLING

Handling will be made by appropriate means (forklift) to avoid excessive movements and deformations in the product that may cause problems later when decoiling.

The use of slings or other approved lifting equipment for handling the coils is strongly recommended.

The material should not be handled using the steel straps as a lifting element! Steel straps are part of the packaging of the coils.

Decoiling must be done by pulling from the end marked by the black arrow on yellow background, located in one of the strips. The roll should be placed on the winder, with the direction of the arrow indicating the direction of unfolding. You need to ensure that the unfolding is carried out with ease to avoid problems and knots.

All information relating to the identification of the package is collected in plastic label in case it is lost, TYCSA should be informed.

It is recommended during handling by staff the use of personal protective equipment defined as risk assessment for the operations to perform.

In case of any nonconformity detected during use of product, must be transmitted to TYCSA by its sales representative.

Teléfono: +34 942 200 200 – Fax: +34 942 200 391 – www.tycsapsc.com . E-mail: construction@tycsa.com
Ed: 26/04/14



Liite 5. Jännittämistöiden suunnitelma


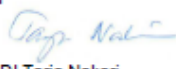
1(6)


JÄNNITTÄMISTÖIDEN SUUNNITELMA
 Yleinen osa

Lomake 1

Sivu 1

Kohde 114322.2 Ratinan kauppakeskus, vuolteenkatu		Liitty pilustukseen nro 123-2060 - 123-2061 (JK110 - JK111)	
1 Jännemenetelmä	DYWIDAG-SYSTEM SUSPA/DSI		
2 Jänneet ja niiden laskenta-arvot	Jännetyyppi 1	Pinta-ala	
	Ø 15.7	Ap	150 mm ²
	Jännetyyppi 2	Pinta-ala	
		Ap	mm ²
	Jännetyyppi 3	Pinta-ala	
		Ap	mm ²
	Jännetyyppi 4	Pinta-ala	
		Ap	mm ²
Lujuusluokka	St 1640 / 1860	Kimmokerroin	Ep 195000 N/mm ²
Kittakerroin	μ 0,06	Aaltoisuusluku	β 0,009 rad/m
Relaksaatio 1000 h	<input checked="" type="checkbox"/> δ ≤ 2,5 %	Lopullinen	<input type="checkbox"/> δ %
3 Betonin vaadittu lujuus jännittämishetkeä	Kt 28 MN/m ²		
4 Jännittämisjärjestys	<input checked="" type="checkbox"/> Lomakkeen 2 mukaan	<input type="checkbox"/> Liitteen nro	mukaan
5 Jännittämisvoima	Lukittuna P ₀ = 209,25 kN		
	Suurin sallittu jännittämisvoima P _{max} on 1,05-kertainen laskettu voima P ₀		
	P _{max} = 221 kN		
6. Esikristisvoima	Esikristisvoimana käytetään		
	<input type="checkbox"/> P kN	<input type="checkbox"/> 0,1 P _A	
	<input type="checkbox"/> Esikristisvoimasta	<input type="checkbox"/> Voimasta P-0	
7 Venymiin sisältyvät muodonmuutokset	Lomakkeella 2 annettuihin venymiin A sisältyvät		
	Ankkurikappaleen ja puristimen välinen venymä	3,6	mm
	Jännittämislaittelon muodonmuutos		mm
	Jännittämislaittelon ankkurointilukuma		mm
	Jänneen osuus rakenteen kimmolsesta kokoonpuristumasta		mm
	Muu		mm
			mm
	Kiinteän ankkurin lukitushäviö	5	mm
	Jännittämisankkurin lukitushäviö on	5	mm
	ja se on otettu huomioon arvossa ΔA lomakkeessa 2		

8 Rakenteen kimmoinen kokoonpuristuma	Laskettu jännevoiman aiheuttama rakenteen kimmoinen kokoonpuristuma jänteen suunnassa	1,4...1,7 mm
9 Puristimet		
10 Erityiset toimenpiteet		
11 Jännittämisspöytäkirjan hyväksyminen	Jänteiden päiden katkaisemista tai muita uudelleen jännittämistä estäviä toimenpiteitä ei saa suorittaa ennen kuin jännittämisspöytäkirja on hyväksytty.	
12 Liite	Lomake 2, lasketut arvot	
13 Muut liitteet		
14 Allekirjoitukset	<input checked="" type="checkbox"/> Suunnittelija <input type="checkbox"/> Rakennusliike	Rakennuttaja
	Päivämäärä, suunnittelija  15.2.2016 DI Risto Ranua	Päivämäärä, tarkastettu
	Päivämäärä, tarkastettu  15.2.2016 DI Tarja Nakari	Päivämäärä, hyväksytty

Jännitystyötä tehtäessä tunkkiin säädetään vakiovoima PA, joka on esitetty lomakkeessa 2. Tällöin lomakkeeseen 2 ei merkitä mitattua voiman PA arvoa. Venymien mitatut arvot kirjataan lomakkeeseen 2.

Päivämäärä, jännittämistyön tekijän allekirjoitus

JÄNNITTÄMISPÖYTÄKIRJAN TÄYTTÖOHJEET - LOMAKE 2

1. Jännteet merkitään lomakkeeseen yleensä jännittämisyjärjestyksessä. Jos samaan lomakkeeseen merkitään jännetyyppejä, sijoitetaan jännetyyppejä koskeva tunnus sulkuihin jänteen nro:n alle.
2. Pituus ilmoitetaan jännettä pitkin mitattuna ankkurikappaleen ulkopinnasta ulkopintaan.
3. Venymien ja jännittämisoimien ilmoittamiseksi on kutakin jännettä kohti kaksi riviä. Toisessa (rivi L) ilmoitetaan laskettu arvo, toisessa (rivi M) ilmoitetaan työmaalla mitattu arvo.
4. Venymien A_0 , $A_{0-5\%}$, $A_{0+5\%}$ ja $A_{100\%}$ sekä venymien muutoksien ΔA_1 merkitys on ilmoitettu lomakkeen alaosassa.
5. Voimien P_A ja P_{A1} merkitys on ilmoitettu lomakkeen alaosassa.
6. Venymä $A_{100\%}$ osoittaa kokonaisvenymän ennen päästöä ja lukitusta.
7. Sarakkeessa "Poikkeama" ilmoitetaan mitattujen arvojen poikkeama laskettuihin nähden. Poikkeama-prosentin laskenta tehdään venymälle kaavalla: $[(A_M / A_L) - 1] * 100$ ja voimalle kaavalla: $(: [(P_{A_M}) / (P_{A_L})]) * 100$. Alaindeksi L tarkoittaa laskettuja ja alaindeksi M mitattuja arvoja.
8. Sarakkeessa "Huomautuksia" voidaan merkitä huomautuksen nro, jolloin huomautus esitetään erillisellä liitteellä.
9. Jännittämiseen liittyvät toimenpiteet, kuten esim. telineiden lasku, voidaan esittää lomakkeen vaakarivillä.

114322.2 Ratinan kauppakeskus, vuolteenkatu**JÄNNITTÄMISTÖIDEN SUUNNITELMA****Laattojen ja palkkien jännittämisjärjestys**

1. Ensin jännitetään laatta jännittämisspöytäkirjan mukaisessa järjestyksessä.
2. Laatan jännittämisen jälkeen jännitetään valualueen palkit palkkien jännittämissuunnitelman mukaisesti.

Kohde		JK110										Littyvät pilirustukseen nro		Huomautuksia	
114322.2		Ratina kauppakeskus, Vuolteenkatu										123-2060			
Jänne nro (tyyppi)	Jänniteen pituus mm	Ankkuri A					PA1 kN	PA kN	Venymä %	Voima %	Poikkeama				
		A _{0-5%} mm	A ₀ mm	A _{0+5%} mm	A _{100%} mm	ΔA1 mm									
2	32295	L	203	213	224	223,5	189	213						1. vaihe	
		M													
4	32295	L	203	213	224	223,5	189	213						1. vaihe	
		M													
7	32265	L	205	216	227	225,9	191	213						1. vaihe	
		M													
8	32265	L	205	216	227	225,9	191	213						1. vaihe	
		M													
3	32295	L	202	213	223	222,7	189	212						2. vaihe	
		M													
6	32265	L	204	215	226	225,0	191	212						2. vaihe	
		M													
9	32265	L	204	215	226	225,0	191	212						2. vaihe	
		M													
1	32295	L	201	212	222	221,8	189	211						3. vaihe	
		M													
5	32295	L	201	212	222	221,8	189	211						3. vaihe	
		M													
		L													
		M													

*) L = lasketut arvot, M = mitatut arvot	PA = voima ennen päästöä ja lukitusta PA1 = voima päästön ja lukituksen jälkeen	Jännittämisen tehty oikeisen pöytäkirjan mukaan Jännittämistöiden johtaja	Työnvalvoja
A ₀ = lopullinen venymä lukituksen jälkeen			
A _{0-5%} = yksittäisen jänteen lukituksen jälkeisen venymän sallittu alaraja			
A _{0+5%} = yksittäisen jänteen lukituksen jälkeisen venymän sallittu ylärajaa			
A _{100%} = lopullinen venymä ennen lukitusta			
ΔA1 = lukituksen ja päästön aiheuttama venymän muutos			Päivämäärä

Kohde 114322.2		JK111										Liitty pöytäkirjaan nro 123-2061		Huomautuksia
Ratnan kauppakeskus, Vuolteenkatu		Ankkuri A										Poikkeama		
Järj. nro (tyyppi)	Jännitteen pituus mm	A ₀ -5% mm	A ₀ mm	A ₀ +5% mm	A _{100%} mm	ΔA1 mm	PA kN	PA1 kN	Venyäjä %	Voima %				
1	32250	L	203	214	224	223,7	10,1	211	189				1. vaihe	
		M												
2	32250	L	203	214	224	223,7	10,1	211	189				1. vaihe	
		M												
3	32230	L	205	216	227	226,2	10,1	211	192				1. vaihe	
		M												
		L												
		M												
		L												
		M												
		L												
		M												
		L												
		M												
		L												
		M												
*) L = lasketut arvot, M = mitatut arvot														
A ₀ = lopullinen venymä lukituksen jälkeen														
A ₀ -5% = yksittäisen jännitteen lukituksen jälkeisen venymän sallittu alaraja														
A ₀ +5% = yksittäisen jännitteen lukituksen jälkeisen venymän sallittu ylärajaja														
A _{100%} = lopullinen venymä ennen lukitusta														
ΔA1 = lukituksen ja päästöön aiheuttama venymän muutos														
		PA = voima ennen päästöä ja lukitusta		PA1 = voima ennen päästöä ja lukituksen jälkeen		Jännittäminen tehty oikeiden pöytäkirjan mukaan		Jännittämisspöytäkirjan johtaja		Työnvalvoja				
		PA = voima päästöön ja lukituksen jälkeen		PA1 = voima päästöön ja lukituksen jälkeen		I-luokan betonityöjohtaja		Päivämäärä						