

UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE
SPECIALIZAREA: PROIECTARE ȘI SIMULARE ÎN INGINERIA SUDĂRII

PROIECTAREA ȘI SUDAREA UNEI SECȚII DE SUPRASTRUCTURĂ DIN CORPUL UNEI NAVE

Coordonator științific
Prof. dr. ing. Dan BÎRSAN

Absolvent
Laura-Roxana Bularcă

GALAȚI - 2019



Universitatea DUNĂREA DE JOS din Galați

Facultatea de Inginerie

Departamentul Ingineria Fabricației

AVIZ secretariat facultate (pentru înscriere proiect)

Nr. înregistrare/data

LUCRARE DE DISERTAȚIE

Tema

Proiectarea și sudarea unei secții de suprastructură din corpul unei nave

Conținut

1. Descrierea generală a spărgătorului de gheață Andora
2. Particularități tehnologice la sudarea oțelului naval AH36
3. Proiectarea tehnologiilor de sudare pentru secția de suprastructură.

Desene

1. Desene principale secție de suprastructură

Director Departament IF

Coordonator proiect

Absolvent

Prof. dr. ing.
Gabriel FRUMUȘANU

Prof. dr. ing. Dan BÎRSAN

Laura-Roxana BULARCĂ

Specializarea / Anul absolvirii
PSIS / 2019

CUPRINS

INTRODUCERE	1
CAPITOLUL 1	
Descrierea generală a spărgătorului de gheață Andora	3
1.1. Introducere	3
1.2. Caracteristici principale	4
1.3. Împărțirea corpului navei în elemente prefabricate	5
CAPITOLUL 2	
Paricularități tehnologice la sudarea oțelului naval AH 36	8
2.1. Caracteristici ale oțelului naval AH 36	9
2.1.1. Compoziție chimică	9
2.1.2. Caracteristici mecanice	9
2.2. Comportarea la sudare a oțelului naval AH 36	10
2.2.1. Comportarea metalurgică la sudare	10
2.2.2. Comportarea tehnologică la sudare	11
2.2.3. Comportarea sub influența factorilor de natură constructivă	14
2.2.4. Pregătirea pieselor în vederea sudării	14
2.3. Alegerea materialului de adaos	14
2.3.1. Corelarea caracteristicilor mecanice	15
2.3.1.1. Corelarea rezistenței de curgere și de rupere	15
2.3.1.2. Corelarea alungirii de rupere	15
2.3.1.3. Corelarea rezilienței	16
2.3.1.4. Corelarea compoziției chimice	16
CAPITOLUL 3	
Proiectarea tehnologiilor de sudare pentru secția de suprastructură	18
3.1. Proiectarea tehnologiilor de sudare	19
3.1.1. Descriere constructiv funcțională pentru puntea secției	19
3.1.2. Descriere constructiv funcțională pentru peretele longitudinal PANR01	21
3.1.3. Descriere constructiv funcțională pentru peretele longitudinal PANR02	22
3.1.4. Materiale de bază și de adaos	23
3.1.4.1. Materialul de bază	23
3.1.4.2. Materialul de adaos	23
3.1.5. Pregătirea componentelor în vederea sudării	25
3.1.6. Sudarea punții	27
3.1.6.1. Sudarea tablelor punții	27
3.1.6.2. Sudarea osaturii simple	29
3.1.6.3. Sudarea osaturii compuse	32
3.1.6.4. Sudarea pieselor de completare a panoului	35
3.1.6.5. Sudarea stâlpilor (PCA)	36
3.1.7. Sudarea pereților longitudinali	38

3.1.7.1. Sudarea tablelor peretelui	38
3.1.7.2. Sudarea osaturii simple	39
3.1.7.3. Sudarea osaturii compuse	40
3.1.8. Calcularea temperaturii de preîncalzire.....	41
3.2. Specificația procedurii de sudare	44
CONCLUZII.....	48
BIBLIOGRAFIE.....	49

INTRODUCERE

De la construirea primei nave metalice, din perioada care a trecut și până astăzi, tehnologia construcțiilor navale a suportat continue transformări, definite de progresarea generală a tehnicii mondiale. În decursul unui secol, transformările acestea aproape nesemnificative se raportau la folosirea unor oțeluri din ce în ce mai bune și, în mod deosebit la utilizarea unor oțeluri cu însușiri superioare, ceea ce a dat șansa proiectanților să efectueze nave de mari dimensiuni.

În decursul câtorva decenii, cu toate că, au fost construite cele mai multe dintre nave din oțel carbon obișnuit, s-au realizat încercări pentru utilizarea oțelurilor slab aliate, cu rezistență ridicată din anul 1898. Actualele construcții navale utilizează oțeluri de înaltă rezistență, sudabile, cu sprijinul cărora s-au realizat nave cu capacitate de încărcare care a depășit 100 000 tdw.

Introducerea sudării ca principală metodă de asamblare a componentelor de rezistență ale corpului navei și abandonarea modelului de asamblare prin nituire, utilizat până atunci, a fost evenimentul care a revoluționat acest sector de activitate. Se utiliza inițial ca procedeu auxiliar de asamblare sudarea componentelor de importanță mică precum: postamente, suporturi, și asamblarea ramelor pereților longitudinali și transversali, iar asamblarea bordajului cu pereții, realizându-se tot prin nituire. Succesul introducerii sudării, în primul rând, a fost definit prin înlocuirea tehnologiei și ca și consecință a folosirii oțelurilor cu sudabilitate bună pentru construcția corpului.

Lucrarea intitulată „Proiectarea și sudarea unei secții de suprastructură din corpul unei nave” este structurată pe trei capitole după cum urmează:

Capitolul unu, este destinat descrierii generale a spărgătorului de gheață Andora unde se prezintă tipul de navă, principalele caracteristici ale acestuia și împărțirea corpului navei în elemente prefabricate.

Capitolul doi, abordează particularitățile tehnologice privind sudarea oțelului naval AH36, principalele caracteristici ale acestuia precum și principalele aspecte privind comportarea acestui tip de oțelului naval: comportarea metalurgică la sudare, comportarea tehnologică la sudare, comportarea sub influența factorilor de natură constructivă, pregătirea pieselor în vederea sudării și alegerea materialului de adaos.

Capitolul trei, este destinat proiectării tehnologiei de sudare a secției de suprastructură unde sunt prezentate materialele de bază și de adaos utilizate, descrierea constructiv funcțională, pregătirea componentelor pentru sudare. Sunt determinați parametrii tehnologici ai regimurilor de sudare și a temperaturii de preîncălzire.

INTRODUCTION

Since the construction of the first metal ship, from the past to the present day, shipbuilding technology has undergone continuous transformations, defined by the general progress of world technology. In the past century the changes are insignificant and were related to the use of better and better steels and, in particular, to the use of higher quality of steels, which gave designers the chance to make larger ships.

Over the course of the several decades, although most of ordinary carbon steel ships have been built, attempts have been made to use low-strength, high-strength steels since 1989. Current shipbuilding uses low-strength, high-strength, weldable steels, with the support of which vessels with a load capacity exceeding 100 000 tdw were built.

The introduction of welding as the main method of assembling the strength components of the hull and the abandonment of the riveting assembly model, used until then, was the event that revolutionized this sector of activity. Initially, the welding of components of minor importance such as: pedestals, supports and the assembly of the frames of the longitudinal and transversal walls was used as an auxiliary assembly process and the assembly of the edging with the walls, also being done by riveting. The success of the introduction of welding, first of all, was defined by the replacement of the technology and as a consequence of the use of steels with good weldability for hull construction.

The work entitled „Design and welding of a superstructure section of the hull of a ship” is structured in three chapters as follows:

Chapter one, is intended for general description of the icebreaker Andorra where the type of ship, its main characteristics and body division.

Chapter two addresses the technological features of AH36 naval steel welding, its main features as well as the main aspects of the behavior of this type of naval steel: metallurgical behavior, technological behavior in welding, behavior under the influence of constructive factors, preparation of parts for welding and choice of filler material.

Chapter three is intended for design of the welding technology of the superstructure section, where the basic and filler materials used are presented, the functional description, the preparation of components for welding and choosing add material. The technological parameters of the welding regimes and preheating temperature are determined.

Capitolul 1

Descrierea generală a spărgătorului de gheață Andora

Funcția principală a unui spărgător de gheață este de a forma o trecere prin gheață pe mare, în porturi sau în râuri, astfel încât celelalte nave să poată utiliza zonele care le-ar fi refuzate. Acestea sunt esențiale pentru economia națiunilor precum Rusia, a cărei porturi sunt înconjurate de gheață pentru lungi perioade ale anului. De regulă, ele pot face față gheții continue, ce are grosimea de 50-100 cm [3] [8].

Un spărgător de gheață are nevoie de [3] [8]:

- o Structură suplimentară de-a lungul liniei de plutire și în bulb;
- o Subdiviziune bună a corpului;
- o O formă de carenă care le îngăduie să se ridice deasupra gheții. Aceasta este o posibilitate de a forța o rută prin gheață. Se ridică peste gheață și își folosește propria greutate pentru a o sparge. Prin transferarea apei de balast în plan longitudinal nava poate fi balansată;
- o Consolidarea cu oțeluri speciale care rămân dure la temperaturi scăzute;
- o Dispozitive de manevrare și propulsie de putere mare care să nu fie susceptibile la spargerea gheții. Forma pupei este importantă;
- o Vopsele speciale pentru corp.

De regulă spărgătoarele de gheață sunt prevăzute cu plăci mai groase în fața și în vecinătatea liniei de plutire, cu dublu fund și cu osatură extra. Elicile și cârmele sunt protejate de contactul cu gheața prin forma corpului. Forma corpului este plată cu bulb rotunjit [3] [8].

1.1. Introducere

Andora este o navă modernă de tip icebracker și oferă, pentru a conduce științe multidisciplinare, atât în apă deschisă cât și în gheața de mare, o platformă de ultimă generație. De asemenea, livrează personal echipamente și marfă dinspre și către stațiile antarctice și subantarctice. Această navă este capabilă să se ocupe de:

- Viteza vântului până la Beaufort 12 (uragane);
 - Temperatura apei care variază de la -2°C-32°C;
 - Valuri până la nivelul mării 9 (14 metri plus semnificativa înălțime a valului);
 - Temperatura aerului cuprinsă între -30°C și 45°C
- Aceasta are posibilitatea de:
- ✓ A se deplasa cu o viteză eficientă de 12 noduri și cu o viteză maximă de 16 noduri în apa deschisă,
 - ✓ Să transfere personal marfa de la spărgătorul de gheață la stații utilizând o varietate de mijloace peste gheață, apă și aer, inclusiv posibilitatea de a sprijini și opera două elicoptere mijlocii,
 - ✓ De a sparge gheața de 1,65 m continuu, cu o viteză de 3 noduri,
 - ✓ De a depozita, manevra și transporta până la 1200 tone de marfă solidă constând în principal din marfa vrac și din containere și 1 900 000 litri de marfă vrac lichidă,
 - ✓ Să asigure standard crescut de conformitate cu mediul.

Nava poate desfășura operațiuni științifice simultane și multidisciplinare și deține sisteme de colectare a datelor, inclusiv pentru gheață, fundul mării, viața mării și pentru cercetare atmosferică. Are capacitatea de a opera și de a implementa o gamă de instrumente și echipament, inclusiv:

- o Profiler sub-fund pentru a analiza proprietățile fizice ale fundului mării,
- o Sisteme de sonar pentru pescuit și ecografii științifice pentru evaluarea biomasei,
- o Un ecou batimetrice mai multe raze pentru cartografierea fundului mării la maxima adâncime a oceanului,
- o Un bazin de lună și chilă redusă pentru a susține o varietate de moduri și operațiuni de cercetare.

Nava este construită din oțel naval AH36 și dotată în conformitate cu regulile și reglementările din ABS (American Bureau of Shipping).



Fig.1.1. Nava Andora

1.2. Caracteristici principale

Principalele caracteristici și dimensiuni ale acesteia sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabel 1.1.Principalele caracteristici ale navei

Lungimea maximă a navei	150,00 m
Pescajul la linia de plutire	9,50 m
Pescajul la gheață	10,00 m
Deplasamentul	25,500 t
Lungimea între perpendiculare	118,400 m
Lățimea maximă	28,30 m
Înălțimea maximă în planul diametral	17,50 m
Spargerea gheții	1,65 m la 3 noduri
Viteza	12 noduri economic, 16 noduri maxim
Distanță	>16 000 mile nautice
Durată	90 zile
Capacitate de combustibil	1,900,000 l / 1671 t
Capacitatea containerului	90 TEU
Greutate cargo	1 200 t

1.3. Împărțirea corpului navei în elemente prefabricate

Se impune în industria navală metoda prefabricației. Acest procedeu constă în asamblarea și sudarea simultană și completă a unor secții sau zone din corpul navei, în atelier, urmată într-o anumită ordine de cuplarea acestora pe cală. Prefabricația se extinde la blocsecții întregi aproape complet saturate, acestea se efectuează în atelierele de asamblare, iar asamblarea pe cală se limitează doar la sudarea și cuplarea acestora. Greutatea elementelor prefabricate are valori de 300-500 t pentru blocsecții și de 50-100 t pentru secții [4] [10].

Împărțirea corpului navei în blocsecții și în secții, cât și dimensiunile elementelor prefabricate sunt condiționate de următoarele condiții [4] [10]:

- Compartimentajul navei, dimensiunile acesteia, cât și de poziția componentelor de structură ale corpului;
- Dotarea existentă pe cală și în atelier, cu mașini, utilaje și sisteme de transportat și ridicat, respectiv caracteristicile tehnice ale acestora (raza de acțiune, sarcina maximă, înălțimea de ridicare la cârlig);
- Dimensiunile, numărul și repartizarea suprafețelor de lucru existente pe cala de montaj cât și în atelierul de sudare-asamblare;
- Dimensiunile laminatelor furnizate șantierului, în mod special gama de lungimi ale acestora, ce va impune limitări privind lungimile componentelor prefabricate.

La amplasarea cusăturilor de montaj, operație prin care se determină dimensiunile și forma elementelor prefabricate, se impun respectarea următorilor factori [4] [10]:

- Trebuie să aibe o rigiditate suficientă, elementele prefabricate, pentru a nu se deforma în timpul transportului pe cală sau a operațiunii de răsturnare;
- Trebuie să se țină cont de tehnologia ulterioară de sudare și asamblare la determinarea extinderii fiecărei componente prefabricate. În acest sens necesită să existe posibilitatea montării secției pe un dispozitiv simplu, iar majoritatea cordoanelor sudate să poată să fie realizate în poziție orizontală sau cât mai apropiat de aceasta;
- Dimensiunile de gabarit trebuie să fie corelate cu înălțimea de ridicare maximă la cârlig, iar greutatea elementelor prefabricate nu trebuie să depășească capacitatea de încărcare a mașinilor și a instalațiilor de ridicat, astfel încât să facă realizabilă operația de răsturnare, dacă aceasta va fi necesară în procesul sudare-asamblare;
- Trebuie dimensionate elementele prefabricate, astfel încât la efectuarea acestora să se utilizeze un volum cât mai mic de sudură. Se vor utiliza table de lățimi și lungimi cât mai mari posibil, delimitând la maxim numărul de îmbinări cap la cap.

Evaluarea în fază de proiect tehnologic a greutății elementelor prefabricate se realizează prin calcularea greutății diverselor tipuri de planșee (pereți longitudinali și transversali, bordaje, punți, fund) pentru un tronson de 10 m din zona centrală a navei. Calculul se execută plecând de la eșantionajul navei și desenul general de construcție al acesteia în care sunt determinate dimensional totalitatea componentelor constructive ale corpului (osatură, elemente de rigidizare, înveliș) [4] [10].

În final pentru fiecare tip de planșeu se stabilește așa numita masă unitară exprimată în t/m^2 . Se realizează apoi calculul fiecărei secții în procesul de împărțirea corpului în componente prefabricate, pe baza acestor valori ale maselor unitare și se controlează dacă regulile precizate anterior sunt respectate. Trebuie respectate următoarele restricții la amplasarea cusăturilor de montaj dintre elementele prefabricate [4] [10]:

- Vor fi dispuse în același plan diametral îmbinările de montaj ce delimitează pe lungimea navei secțiile de corp, deci vor fi îmbinări inelare. Acestea vor delimita blocsecțiile din care este compus corpul navei;

- Nu va fi mai mică de 200 mm, distanța dintre cusăturile de montaj transversale și longitudinale și alte cusături de colț sau cap la cap dintre elementele de înveliș și osatură, paralele cu cele de montaj.
- Nu vor fi amplasate, cusăturile de montaj, în regiunile cu concentrări de tensiuni ale corpului cum sunt: zona racordării bordajului cu puntea sau zona de curbă maximă a gurnei, racordările de la colțurile gurilor de magazie și a altor deschideri în punți, zonele îmbinărilor dintre rufuri cu puntea și suprastructuri, respectiv în zonele racordării parapetului la suprastructură. O parte din aceste restricții sunt reprezentate în figura de mai jos.

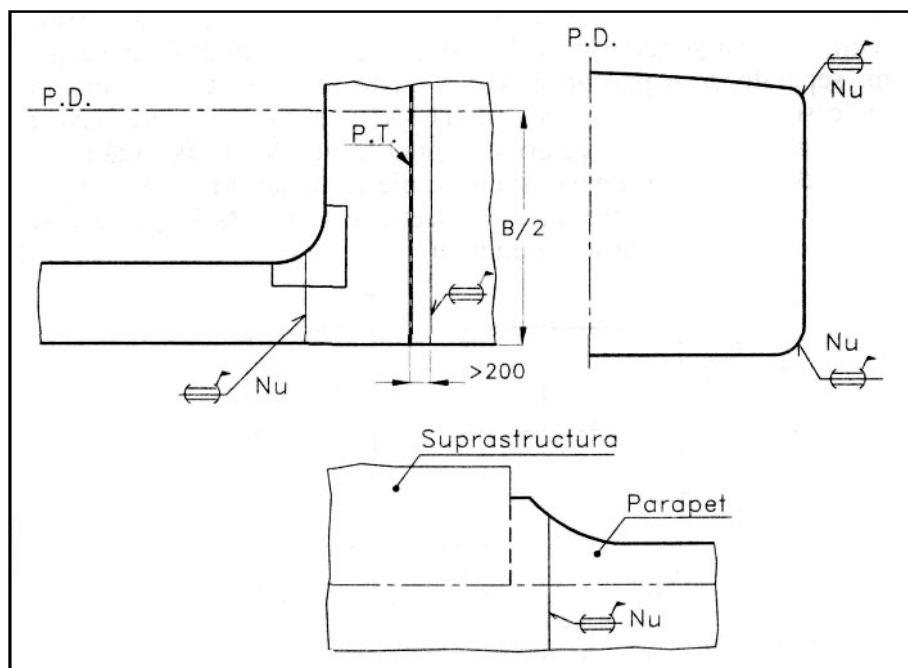


Fig 1.2. Restricții privind amplasarea cordoanelor de sudură de montaj.

Determinarea poziției cusăturilor de montaj se realizează într-un desen denumit schema de împărțire a corpului navei în elemente prefabricate. Se prezintă în acest desen, o vedere laterală a corpului și în corespondență directă secțiuni la nivelul tuturor punților, la o scară convenabilă. Se reprezintă cu o linie întreruptă punțile, pereții longitudinali și transversali [4] [10].

Sunt poziționate coastele navei pe linia planului diametral, respectiv pe o paralelă la linia de bază. Respectând restricțiile și regulile prezentate anterior, în continuare, cusăturile de montaj se reprezintă cu linie continuă, indicându-se poziția acestora cu coasta cea mai apropiată [4] [10].

Elementele prefabricate ce alcătuiesc corpul navei vor fi numerotate la final, fiecărei secții i se un simbol prin care aceasta să poată fi recunoscută. Datorită formelor asemănătoare a elementelor prefabricate și a numărului mare ale acestora, trebuie realizată numerotarea în așa fel încât, după simbolul distribuit fiecărei secții, poziția acestora în corpul navei să fie facil de recunoscut [4] [10].

Se va ține cont în numerotare și de deosebirile existente dintre secțiile asemănătoare de la navele diferite ce se efectuează concomitent în șantier. Se întâlnesc în practică un număr mare de sisteme de numerotare ce se diferențiază de la șantier la șantier [4] [10].

Sistemele de numerotare cele mai judicioase sunt acelea care au în vedere poziția secțiilor din corpul navei, simbolurile acestora fiind compuse dintre-un grupaj de litere și cifre sau un grupaj de cifre. Se distinge sub acest aspect [10]:

- ✓ Sistemul de numerotare combinat (cu litere și cifre), la care prima componentă este o cifră care indică blocsecția, iar ce-a de a doua componentă va fi un grup de litere cât mai sugestiv.
- ✓ Sistemul de numerotare zecimal (cu cifre), la care se primește o grupă de cifre pentru fiecare blocsecție, începând de la pupa spre prova, ce va reprezenta prima componentă a simbolului secției. Ce-a de-a doua grupa de cifre va menționa poziția secției pe înălțime de la fund spre punte.

Capitolul 2

Particularități tehnologice la sudarea oțelului naval AH36

Selectarea materialelor de construcție este o considerație esențială pentru proiectarea spărgătoarelor de gheață. Oțelul din corpul navei este selecționat de obicei în funcție de societatea de clasificare [6] [8] [11].

Datorită impactului continuu al valurilor pe mare, aceste materiale trebuie să funcționeze într-un mediu dur supus efectului coroziv al mării și a numeroaselor materiale corozive, în condiții ciclice de impact și dinamice pe o gamă vastă de temperaturi, de aceea cerințele și criteriile deosebite sunt impuse asupra controlului și calității materialelor [6] [7] [9].

Pentru a garanta că nava va funcționa conform scopului pentru care a fost concepută în condiții extreme, fabricarea oțelului este dificilă. Mediul coroziv combinat cu caracterul ciclic al tonajului tinde să propage fisuri. Prin urmare procedurile și detaliile necorespunzătoare de fabricație pot dezvolta probleme grave. De asemenea, fabricarea oțelului este împovărată de dimensiunile mari ale structurilor icebracker care sunt greu de întreținut și de măsurat, dar și de tensiunile termice care provoacă deformări semnificative [7] [8] [9].

Este recomandată limitarea cantității de oțel de înaltă rezistență utilizat în proiectarea acestui tip de navă la o proporție cât mai mică pentru a obține performanțe ridicate de flambaj și oboseală. Oțelul carbon cu limita de curgere minimă de 235 N/mm² este utilizat cât mai mult din structura carenei [6] [8] [10].

Oțelurile de înaltă rezistență sunt recomandate atunci când grosimile plăcilor de oțel cu rezistență normală depășesc 30 mm pentru a ușura construcția și a evita condițiile dificile de sudare. Utilizarea oțelurilor aliate care nu depășesc limita de curgere minimă de 355 N/mm² sunt permise și recomandate atunci când nu se pot folosi oțeluri ușoare. Motivul se datorează cerinței de viață îndelungată la șantier, fără acostare în doc uscat și a faptului că rezistența la coroziune care este mai mare la plăcile de oțel slab aliat [6] [7] [9].

Pentru această secție de suprastructură este utilizat oțelul AH36 care este caracterizat de următorii parametri [8]:

- Limită minimă de curgere;
- Rezistență la tracțiune;
- Alungire minimă la rupere;
- Rezistență la coroziune;
- Compoziție chimică;
- Sudabilitate;
- Reziliență la temperaturi joase;
- Proprietăți de grosime.

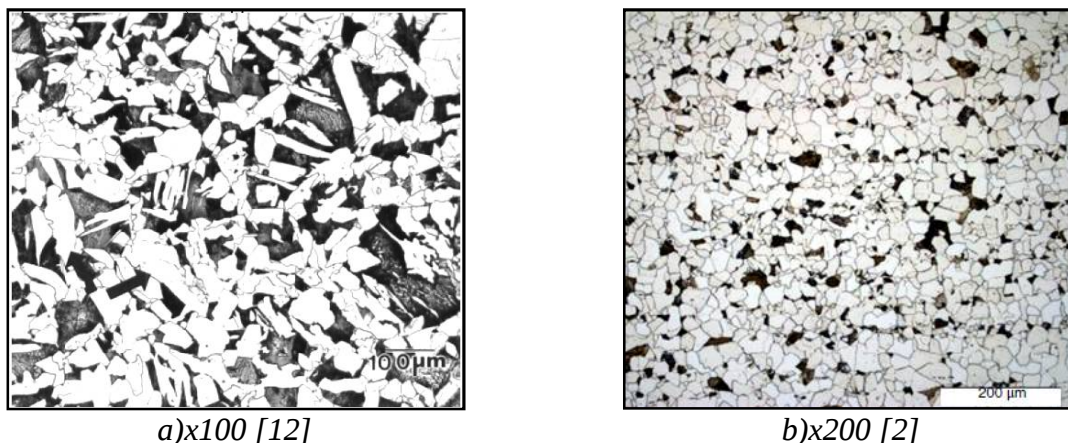


Fig. 2.2. Microstructura oțelului AH36 ferită și perlită

2.1. Caracteristici ale oțelului naval AH36

2.1.1. Compoziție chimică

În afară de carbon, oțelul aliat deține și elementele următoare: Cr (0,2%), Cu (0,35%) Ni (0,4%) Mo (0,008%) având o compoziție chimică extrem de variată. Oțelul AH36 mai conține față de elementele menționate: zirconiu, titan, vanadiu, tantal. Procentul elementelor de aliere nu depășește valoarea de 2,5-3%. Compoziția chimică a oțelului AH36 este prezentată în tabelul de mai jos [1] [5] [10] [11] [18].

Tabel 2.2. Compoziția chimică a oțelului AH36[19]

Marcă oțel: AH36	
Metodă de dezoxidare: Calmat, Cu granulație fină	
Compoziție chimică	Procent maxim [%]
C	0,18
Mn	0,9–1,6
Si	0,10–0,50
P	0,035
S	0,035
Al (acid solubil) min.	0,015
Nb	0,02-0,05
V	0,05-0,10
Cu	0,35
Cr	0,20
Ni	0,40
Mo	0,08
Ca	0,005
N	-

2.1.2. Caracteristici mecanice

Cerința unor oțeluri care să aibă o bună plasticitate și sudabilitate, rezistență la distrugeri fragile și care să satisfacă condițiile impuse oțelurilor navale a impulsat apariția oțelurilor slab aliate, care în ultimul timp au dobândit o largă evoluție. O astfel de compoziție chimică a oțelului AH36 garantează, pe lângă o rezistență la curgere mai mare cu 1,2 față de oțelul structural și rezistență la coroziune mai sporită de 2-4 ori, în condiții atmosferice, o

bună plasticitate și sudabilitate, grație cărora calitățile în exploatare și tehnologice ale oțelului sunt mai bune [6] [10][18].

Conținutul de potasiu ridicat contribuie la optimizarea rezistenței la coroziune și la creșterea rezistenței la curgere. De asemenea ușurează elaborarea oțelului, evitând în cazul unei decarburări intense îmbogățirea prisositoare cu oxid de fier. Dacă este asigurată o structură cu granulație corespunzătoare, în combinație cu cuprul, molibdenul, nichelul precum și cu cromul, fosforul nu afectează rezistența oțelului, în ceea ce privește fragilitatea la rece. Adeseori se folosesc adaosuri mici la elaborarea oțelului care îmbobilează metalul, precum: molibden, vanadiu, tantal, titan, aluminiu și altele. Proprietățile mecanice ale oțelului sunt prezentate mai jos [6] [10] [11] [18].

Tabel 2.3. Caracteristicile mecanice ale oțelului AH36 [19]

Marcă oțel	Limita de curgere R _{p0,2} [N/mm ²]	Rezistența la tracțiune R _m [N/mm ²]	Alungirea relativă la rupere A ₅ [%]	Energia de rupere KV[J]						
				Temperatura testului [°C]	t ≤50 [mm]		50≤t≤70 [mm]		70≤t≤150 [mm]	
					L	T	L	T	L	T
AH36	355	490...620	21	0 -20 -40 -60	34	24	41	27	50	34
L-longitudinal; T-transversal										

După cum se observă din tabelul de mai sus, proprietățile mecanice ale acestui oțel sunt mai avantajoase decât proprietățile mecanice ale oțelurilor structurale. Din aceasta cauză oțelul de rezistență înaltă este în prezent extrem de folosit în construcția navelor de dimensiuni mari. Datorită caracteristicilor pe care le posedă ușurează mult tehnologia de fabricație, reduce greutatea corpului navei și crește capacitatea de încărcare a acesteia, de asemenea, sporește siguranța navei în exploatare [9] [12] [18].

2.2. Comportarea la sudare a oțelului naval AH36

2.2.1. Comportarea metalurgică la sudare

Ea caracterizează modul cum reacționează oțelul față de acțiunea unui proces de sudare, acțiune care este localizată în zona de trecere și în zona influențată termic. Pentru aceasta se studiază influența factorilor de natură metalurgică cum sunt: caracteristici mecanice, compoziția chimică, tendința de fisurare la cald sau la rece [18].

Privind compoziția chimică, elementele de aliere pe care le conține oțelul influențează diferit sudabilitatea acestuia [9]:

Manganul intensifică rezistența, limita de curgere și duritatea, influențând pozitiv comportarea la sudare și plasticitatea[9],

Sulfur influențează sudabilitatea și provoacă fragilitatea la cald a oțelului, fiind o impuritate este limitat la 0,03%-0,05% [9].

Carbonul mărește duritatea, limita de curgere și rezistența de rupere, diminuează reziliența și alungirea. Influențează negativ sudabilitatea putând duce la apariția de fisuri, dacă este o cantitate mai mare [9].

Siliciul este un bun dezoxidant, sporind rezistența oțelului la oxidare. În oțel, raportul dintre mangan și siliciu de 1,2 influențează pozitiv rezistența la fisurare și tenacitatea. Are proprietăți asemănătoare cu ale manganului [9].

Cromul sporește rezistența la coroziune atmosferică și acizi, rezistența la rupere și duritatea, simultan cu carbonul diminuează rezistența la coroziune și plasticitatea, micșorează sudabilitatea[9].

Fosforul are aceleași inconveniente ca și sulful provocând fragilitatea la rece a oțelului [9].

Cuprul crește limita de curgere, rezistența la rupere, duritatea. Până la un procent de 0,5% sporește plasticitatea și nu influențează negativ sudabilitatea [9].

Molibdenul mărește limita de curgere, rezistența la rupere, alungirea, duritatea, rezistența la coroziune, în cantități mici. În procent mic nu influențează negativ sudabilitatea [9].

Aluminiu influențează pozitiv comportarea la sudare și caracteristicile mecanice ale oțelului [9].

Vanadiu optimizează caracteristicile mecanice ale oțelului și într-un procent redus nu influențează negativ sudabilitatea [9].

Duritatea, ductilitatea și sudabilitatea sunt înrăutățite cu cât procentul de carbon este mai mare. Prin urmare este limitat procentul de carbon la aproximativ 0,2% și se adaugă Si și Mn. Pentru a preveni fisurile, este definit prin următoarea ecuație de mai jos carbonul echivalent [5] [10] [11] [18] [19]:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V+Mo}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} [\%] \quad (2.1)$$

În tabelul de mai jos se prezintă conținutul de carbon echivalent pentru oțelul naval AH36 [19].

Tabel 2.4. Carbon echivalent corespunzător oțelului AH36 [19]

Marcă Oțel	Carbon echivalent Max, [%]	
	t ≤ 50 [mm]	50 ≤ t ≤ 100 [mm]
AH36	0,38	0,40

Comportarea metalurgică la sudare se apreciază pe baza unor încercări [10]:

- ✓ Se stabilește influența ciclului termic asupra durității și structurii materialului de bază în regiunea de lângă cusătură și asupra proprietăților oțelului la deformarea plastică locală definită de unghiul de încovoiere a epruvetei;
- ✓ Stabilirea proprietăților mecanice a îmbinărilor sudate și a metalului de bază prin probe de încovoiere statică (în sens transversal și în sens longitudinal față de cusătură), probe de întindere, probe de oboseală și probe de reziliență;
- ✓ Probe ale îmbinării sudate privind rezistența față de formarea fisurilor la rece și la cald.

2.2.2. Comportarea tehnologică la sudare

Se definește ca fiind posibilitatea realizării îmbinărilor, în vederea stabilirii anumitor cerințe printr-un anumit procedeu de sudare. Se apreciază prin analizarea influenței factorilor de natură tehnologică. Astfel este necesar să se adopte un procedeu de sudare adecvat care să îndeplinească în cea mai mare măsură cerințele impuse [18].

Sudarea nu trebuie executată atunci când suprafețele sunt jilave sau umede. O protecție adecvată trebuie asigurată când sudarea se realizează în condiții meteorologice defavorabile. Umiditatea, prin preîncălzire trebuie îndepărtată, iar rostul trebuie să fie uscat în momentul sudării. Poate fi aplicată încălzirea spațiului închis pentru a ridica temperatura deasupra punctului de rouă. O îmbinare sudată trebuie efectuată la o temperatură ambiantă de cel puțin 5°C [9].

Materialele consumabile de sudare necesită menținute în recipiente etanșe, rezistente la umiditate, la temperaturi de 20-30°C peste temperatura ambiantă. Atunci când electrozii sunt retrași pentru utilizare aceștia trebuie calcinați timp de 2 ore la temperaturi de 250-300°C [9].

Consumabilele care au fost contaminate de ulei, grăsime, umiditate, rugină sau murdărie necesită a fi aruncate [9].

Preîncălzirea

Preîncălzirea este operația prin care este modificată temperatura inițială a pieselor ce se sudează până la un anumit nivel definit prin tehnologia de execuție. Principalul efect termic al acesteia este reducerea vitezei de răcire a cordonului și a zonelor alăturate cu motivul de [9]:

- De a micșora tensiunile reziduale din îmbinarea sudată în scopul limitării aparițiilor fisurilor în componentele ce se sudează și a deformărilor,
- De a reduce probabilitatea ca în timpul solidificării cordonului de sudură să apară fisuri,
- De a scădea posibilitatea apariției porilor, deoarece se reduce viteza de solidificare a băii de metal topit, și astfel gazele au timp să iasă.

Îmbinarea prin puncte de sudură se va realiza cu preîncălzire locală a metalului de bază, la o temperatură egală cu temperatura de preîncălzire sau mai mare ca aceasta cu până la 50°C, atunci când sudarea propriu-zisă trebuie să se realizeze cu preîncălzire. Preîncălzirea se realizează cu o flacără oxiacetilenică uniform și lent, iar temperatura acesteia se menține constantă pe toată perioada sudării. Se preîncălzesc zonele adiacente pe o lățime de 4 ori grosimea tablei, precum și locul ce se prinde, însă nu mai puțin de 100 mm pe ambele direcții ale îmbinării [9].

Se măsoară cu creioane termochimice temperatura între rândurile de sudură (interpas) și temperatura de preîncălzire. Regiunea de măsurare este în imediata vecinătate a cordonului de sudură, la 50-70 mm. Oriunde este posibil, aceasta se măsoară pe suprafața opusă regiunii încălzite, iar dacă acest lucru nu este realizabil se așteaptă până când căldura penetrează toată grosimea piesei. Nu se va realiza la temperaturi ale mediului ambiant sub -10°C operația de prindere în puncte de sudură, fără precauții speciale [9].

Numărul de treceri și dispunerea straturilor

Unde se depășește grosimea de 5-6 mm a piesei, pentru a depune o cantitate suficientă de metal topit prin sudare pentru a închide îmbinarea, va fi necesar să se realizeze mai mult de o trecere de sudură. Primul strat de sudură se realizează fără mișcări oscilatorii, cu un electrod al cărui diametru este de 3-4 mm, iar următoarele straturi de umplere se efectuează, executând mișcări oscilatorii cu electrozi având diametrul de 4-6 mm. În figura de mai jos este prezentată ordinea de depunere a straturilor pentru îmbinări cu prelucrări în V și în X [4] [5] [10].

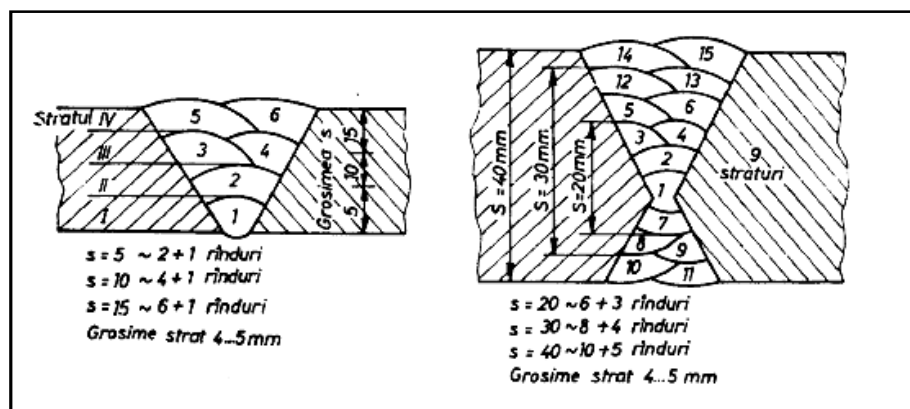


Fig. 2.3. Ordinea de depunere a rândurilor de sudură [10]

Secvențe de sudare

În timpul procesului de sudare, căldura este aplicată pe placă și din acest considerent, metalul se va dilata și se va contracta la răcire. Cordonul de sudură în timpul răcirii se contractă și are tendința de a trage placa. Acest lucru conduce la o structură deformată datorită acțiunii de reținere a plăcii care împiedică cordonul de sudură să se contracte integral.

Datorită lipsei de cunoaștere a gradului de reținere, este dificilă prezicerea uneideformații reale [4] [5].

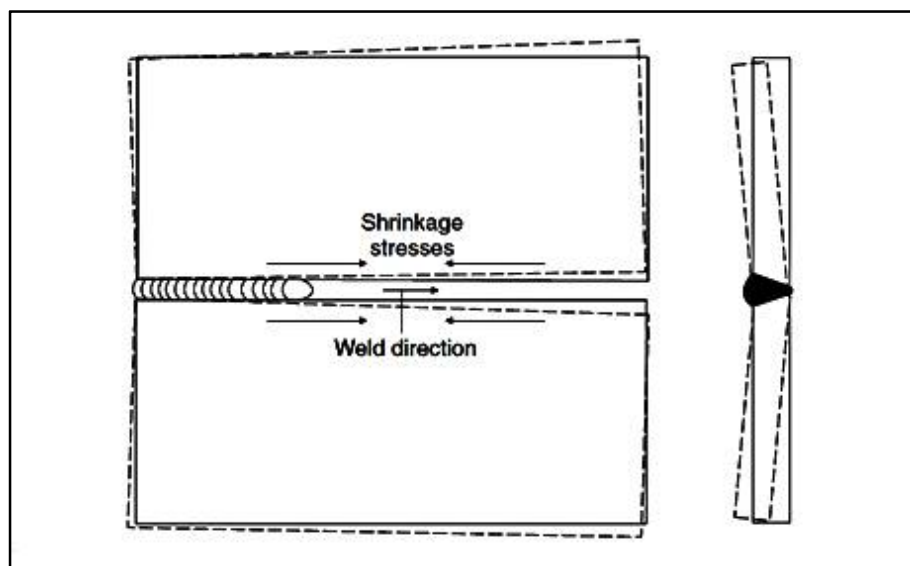


Fig.2.4. Deformație la sudare [4]

Contrația în sudurile cap la cap, se știe că în principal se realizează pe toată lungimea cordonului de sudură și într-o proporție mică peste acesta. Structura va avea tensiuni reziduale mari care trebuie evitate, dacă este prevăzută o reținere ridicată în încercarea de a controla deformația. Sunt adesea utilizate metode de sudare “pas înapoi”, pentru a reduce la minimum deformațiile, lungimea fiecărui pas fiind cantitatea de metal topit prevăzută de un electrod pentru a corespunde cu secțiunea transversală necesară a fi sudată. Pentru a limita tensiunile reziduale din structură și pentru a reduce deformarea este esențial să se recurgă la o secvență de sudare corectă pe toată durata construcției. Aceasta se practică atât în timpul fabricării secțiilor, cât și la montarea și îmbinarea lor pe cală [4] [5].

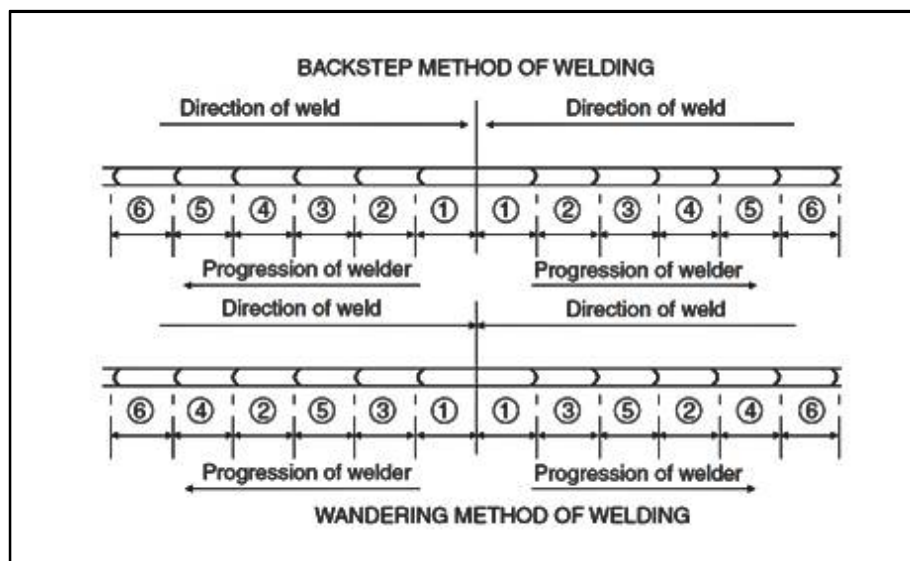


Fig. 2.5. Secvențe de sudare [4]

2.2.3. Comportarea sub influența factorilor de natură constructivă

Studierea modului de alcătuire constructivă corelat cu rolul funcțional al acesteia desemnează un element de plecare pentru stabilirea tehnologiei de sudare. În această fază se pot identifica anumite erori în dispunerea elementelor construcției, care conduc la apariția nodurilor termice prin întâlnirea mai multor cordoane de sudură sau care complică tehnologia de sudare. Structurile din elemente cu grosime mare sau rigide prin modul de alcătuire constructivă se vor deforma destul de puțin, dar tensiunile reziduale vor fi mai ridicate [10].

2.2.4. Pregătirea pieselor în vederea sudării

Pentru a obține o penetrare completă a metalului depus prin sudură este necesar să se teșească muchiile plăcilor groase care trebuie îmbinate cap la cap. Această operație poate fi realizată în timp ce se taie sau se profilează marginile plăcii, care trebuie să fie aliniate corect. Cele mai multe pregătiri ale marginilor sunt efectuate de capetele de plasmă sau de gaz, ce au trei duze care nu lucrează simultan, care pot fi setate în unghiuri distincte pentru a conferi teșirile necesare. Prelucrarea muchiilor poate fi obținută în mod alternativ și prin procedee mecanice de prelucrare, utilizând o sculă de frezat. Merită menționat faptul că în ceea ce privește deteriorarea metalurgică, nu prea există o alegere între cele două metode, însă procedeele mecanice oferă o mai bună finisare [4] [5] [10].

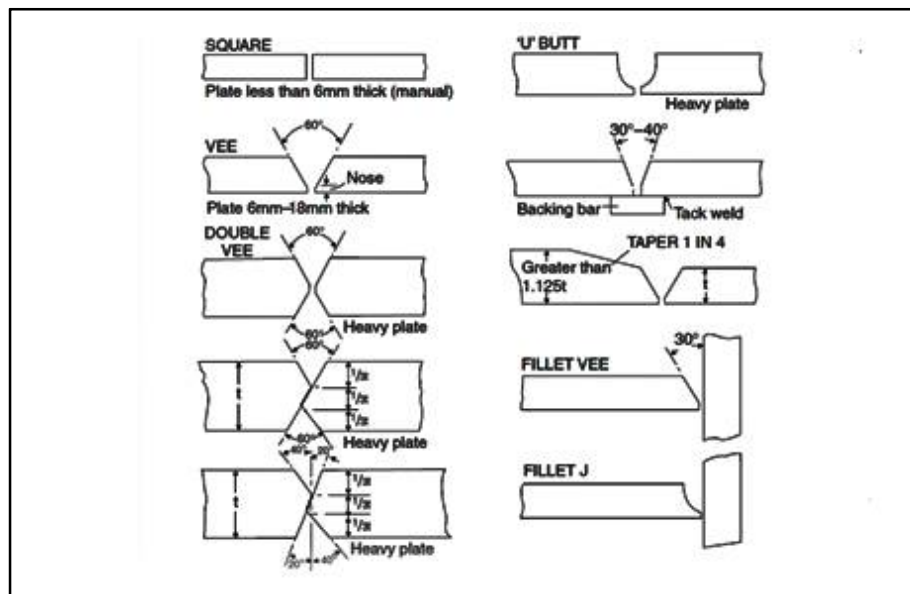


Fig. 2.6. Pregătirea marginilor piesei [4]

Se întâlnesc adesea în construcțiile navale, la învelișul bordajului, îmbinări cap la cap a tablelor de grosimi diferite. Din acest motiv, dacă diferența de grosime depășește valoarea admisă, descrisă în tabelul de mai jos, tabla mai groasă trebuie teșită pe o anumită lățime. Teșirea poate fi executată și pe ambele părți, dar în construcția de nave nu se poate realiza decât pe partea opusă celei pe care se sudează osatura [4] [5] [10].

Tabelul 2.5. Diferența de grosime admisibilă de la care este necesară teșirea [10]

S_2 [mm]	2-3	4-30	30-40	40-50
S_1-S_2 [mm]	1	2	4	6

2.3. Alegerea materialului de adaos

Fiind numeroși factorii care influențează selecționarea corectă, este necesară o grupare a acestora și o evidențiere a parametrilor care condiționează următoarele particularități [10]:

- ✓ Condiții de execuție;
- ✓ Caracteristici ale metalului de bază;
- ✓ Proprietățile tehnologice, caracteristicile mecanice și compoziția chimică ale metalului de adaos.

Trebuie garantată compatibilitatea la sudare cu materialul de bază, pentru o alegere a materialelor de adaos. Prin aceasta se percepe proprietatea unui material de adaos, ca în cuplu cu un anumit oțel, în condiții de sudare determinate, să conducă la obținerea unei îmbinări care să corespundă caracteristicilor funcționale și tehnice solicitate. Trebuie să se asigure și să se verifice, pentru a garanta condiția compatibilității următoarele [10]:

- ❖ Corespondența dintre caracteristicile structurale,
- ❖ Corelarea compoziției chimice dintre cele două metale,
- ❖ Corelarea caracteristicilor mecanice ale celor două metale,
- ❖ Prevenirea tendinței de fisurare a metalului depus.

2.3.1. Corelarea caracteristicilor mecanice

2.3.1.1 Corelarea rezistenței de curgere și de rupere

Convingerea că rezistența la rupere a metalului de adaos reprezintă primul principiu de corelare și selectare, este încă destul de răspândită. În realitate, alegerea metalului de adaos este recomandată să se realizeze având în vedere ca un criteriu de bază, valoarea limitei de curgere. Acest fapt a stabilit clasificarea sârmelor și a electrozilor, de către Institutul Internațional de Sudură, după valoarea rezistenței de curgere, fără să se precizeze rezistența la rupere [12].

Se vor prezenta în continuare în tabelul de mai jos, pentru a motiva acest principiu, caracteristicile mecanice ale sudării oțelului naval AH36 în două versiuni de alegere a metalului de adaos.

Tabel 2.6 .Caracteristicile mecanice ale sudării oțelului AH36 cu doi electrozi[10]

Metal de bază AH36	Electrod I	Electrod II
$R_{p0,2}=355 \text{ N/mm}^2$	$R_{p0,2}=340 \text{ N/mm}^2$	$R_{p0,2}=390 \text{ N/mm}^2$
$R_m=530 \text{ N/mm}^2$	$R_m=540 \text{ N/mm}^2$	$R_m=450 \text{ N/mm}^2$

În cele două variante, executând probele de tracțiune a îmbinărilor sudate se observă că deși electrodul din prima variantă are rezistența la rupere mai crescută decât cea a materialului de bază, la o solicitare mai mică decât ar tolera materialul de bază îmbinarea se rupe, deoarece metalul de adaos începe să se deformeze plastic. Deși îmbinarea sudată din varianta a doua se efectuează cu material de adaos ce are rezistența la rupere mai scăzută decât a materialului de bază, fiind necesare forțe de rupere mai mari decât în prima variantă, îmbinarea sudată va avea o rezistență mai mare la tracțiune [10].

În cazul profilelor compuse solicitate la încovoiere, procesul se observă mai clar. Se reduce brusc modulul de rezistență al profilului la atingerea limitei de curgere a metalului de adaos, a îmbinării sudate din prima variantă, deoarece elementele componente ale secțiunii vor începe să lucreze separat, iar grinda se distruge subit. Se urmărește totodată și ca valoarea rezistenței la rupere a materialului de adaos să fie mai ridicată decât cea a materialului de bază, pentru a garanta o plasticitate cât mai mare a îmbinării sudate [10].

2.3.1.2. Corelarea alungirii la rupere

Recentele recomandări conferă alungirii la rupere un rol secundar. În prezent, materialele de adaos garantează alungiri la rupere mai ridicate decât a oțelurilor sudate. Datorită tehnologiilor modernizate de elaborare, cele mai multe materiale de adaos au

alungirea la rupere mai ridicată de 22%, valoare acoperitoare în comparație cu cea a metalului de bază [10].

Alungirea poate avea un rol decisiv, în cazul sudării componentelor groase, când pot apărea fenomene de destrămare lamelară, iar în aceste situații trebuie folosiți electrozi cu rezistența la curgere și la rupere mai scăzute decât a metalului de bază și cu $A_5=35-38\%$. În acest caz sudarea se realizează numai pe suprafețele de îmbinare, ca și o încărcare ce deservește ca strat tampon, acordând îmbinării o ductilitate ridicată [10].

2.3.1.3. Corelarea rezilienței

Pentru aprecierea tenacității unei îmbinări sudate, caracteristica cea mai adesea utilizată este reziliența. Reziliența materialului de adaos trebuie corelată cu cea a materialului de bază, astfel că la o anumită temperatură, valoarea minimă asigurată să fie mai ridicată cu 30-40 J/cm² decât cea a materialului de bază [10].

Trebuie avut în vedere și faptul că în prospecte se obține valoarea medie a rezilienței în condiții de laborator și nu se precizează valoarea minimă a acesteia. Din acest motiv, la temperaturi negative, în cazul structurilor exploatare, rezultă cerința unor verificări complementare pentru loturile de materiale de adaos la temperaturi negative ce ajung până la -40°C [10].

2.3.1.4. Corelarea compoziției chimice

Un criteriu cu valabilitate generală menționează pentru o compatibilitate bună la sudare, ca metalul de bază și metalul de adaos să dețină compoziții chimice cât mai asemănătoare, iar conținutul de fosfor și respectiv de sulf să fie cât mai scăzut. Devine decisivă această corelare la sudarea oțelului AH36 și în special la toate oțelurile aliate. În cazul materialului de adaos destinat sudării oțelurilor slab aliate trebuie accentuată influența anumitor elemente chimice, asupra calității îmbinării sudate [12].

Astfel, deși se limitează prin standarde conținutul de carbon la maximum 0,10-0,12%, reducerea acestuia până la 0,06-0,08% în metalul depus are influențe pozitive asupra calității îmbinării. Prin aceasta se diminuează tendința de durificare și se mărește ductilitatea și plasticitatea [10].

Are efecte pozitive asupra creșterii rezilienței, reducerea conținutului de azot și fosfor în special la temperaturi negative. Creșterea raportului între conținutul de siliciu și mangan are un rezultat similar [10].

Conduce la deplasarea pragului de fragilizare spre temperaturi tot mai coborâte, adăugarea de nichel în materialul de adaos. Totuși, conduce la creșterea tendinței de fisurare la cald depășirea procentului de 3,5% [10].

Depinde de compoziția metalului de adaos și a metalului de bază, respectiv gradul de participare al acestora la formarea cordonului, procentul în care fiecare constituent intră în compoziția chimică a metalului cusăturii. Participarea metalului de bază și a metalului de adaos la formarea cusăturii se definește cu ajutorul coeficientului de participare, care poate fi determinat în raport cu metalul de adaos sau cu metalul de bază [10]:

$$K_{md} = \frac{MD}{MD+MB}; K_{mb} = \frac{MB}{MD + MB} \quad (2.2)$$

Unde :

MB - cantitatea de metal de bază din cusătură;

MD - cantitatea de metal depus din cusătură.

Pot fi definiți pe baza ariilor din secțiunea cordonului valorile celor doi coeficienți.

Din cele două relații rezultă că [10]:

$$K_{mb} + K_{md} = 1 \quad (2.3)$$

Se poate aprecia, pe baza relațiilor prezentate mai sus, conținutul de elemente de aliere din cordonul de sudură. Cunosând coeficientul de participare al metalului de bază K_{mb} se poate scrie [10]:

$$K_e = K_{mb} \cdot X_{mb} + (1 - K_{md}) \cdot X_{md} \pm \Delta X \quad (2.4)$$

Unde:

X_{mb} - conținutul metalului de bază în elementul considerat;

X_{md} - conținutul metalului de adaos în elementul considerat;

X_e - conținutul cusăturii în elemntul considerat;

ΔX - variații ale conținutului din cauza interacțiunii cu mediul înconjurător.

Capitolul 3

Proiectarea tehnologiilor de sudare pentru secția de suprastructură

Suprastructura este o construcție situată deasupra punții principale, care se prelungește pe toată lățimea navei. Aceasta îndeplinește rolurile următoare [4]:

- Îmbunătățește condițiile de navigație;
- Participă la asigurarea rezistenței corpului navei la solicitările dinamice și statice;
- Asigură o corespunzătoare protecție a compartimentelor de clădiri și de mașini;
- Participă la asigurarea unei rezerve de flotabilitate crescută, atunci când sunt închise etanș.

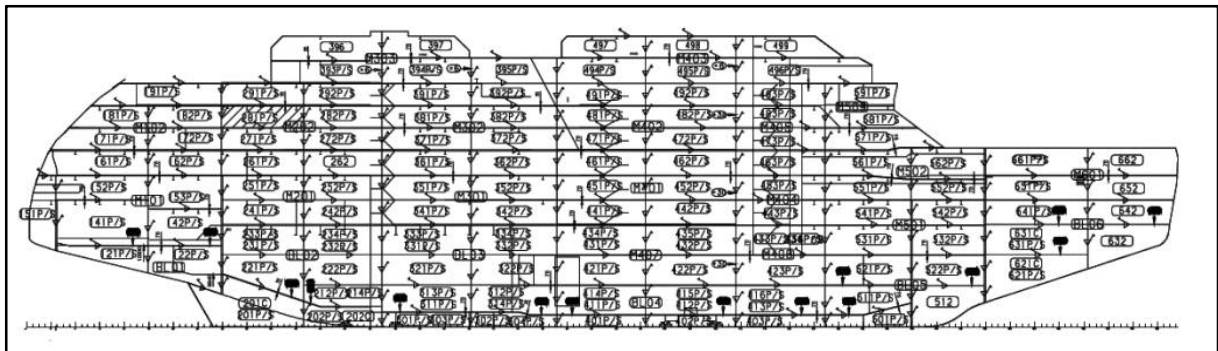


Fig. 3.1. Amplasarea secției de suprastructură

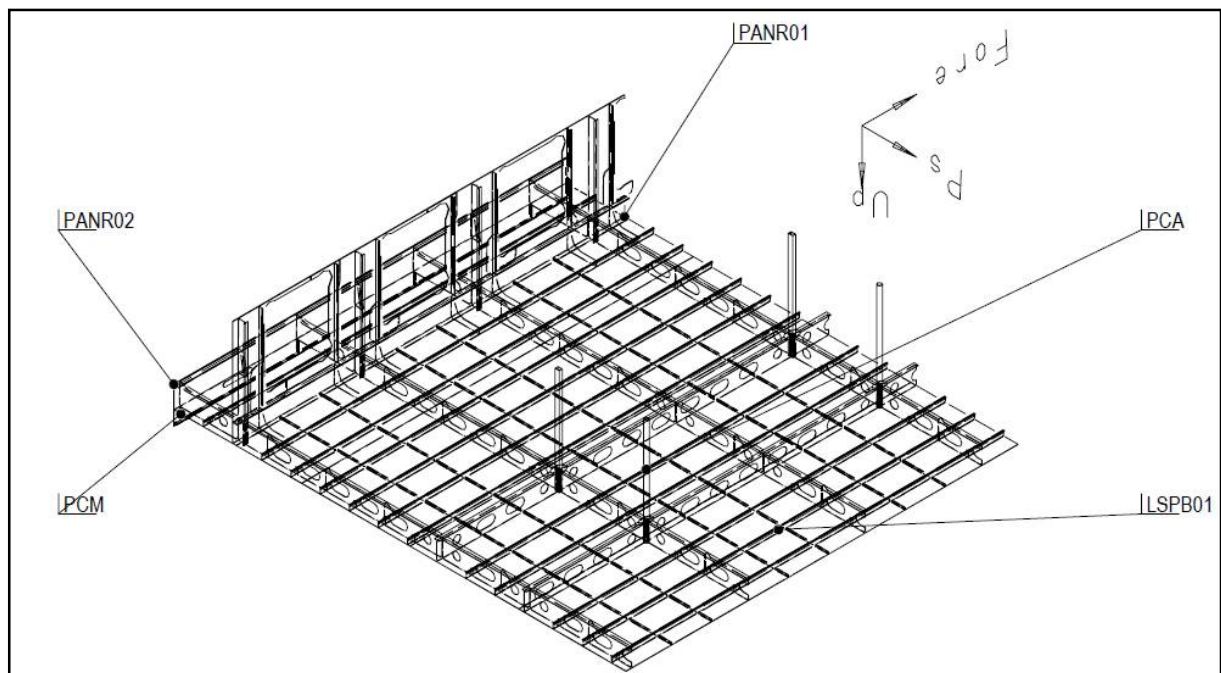


Fig. 3.2. Secția de suprastructură considerată

Pentru asamblarea secției de suprastructură considerată se au în vedere parcurgerea următorilor pași [13]:

Pasul 1: Preluarea pieselor (profile paletizate și sortate, table, osatură compusă OCT-uri), sortarea tablelor pe panouri, degroșarea și șanfrenarea tablelor, confecționarea panoului și sudarea acestuia [13];

Pasul 2: Trasarea panoului și verificarea trasajului acestuia [13];

Pasul 3: Saturarea panoului [13]:

Pasul 4: Sudarea osaturii simple[13];

Pasul 5: Întoarcerea panoului pe platoul de beton, în poziție normală, pentru detensionare și remedieri, remedierea sudurii cap la cap, detensionarea panoului, întoarcerea panoului pe pat în poziție răsturnată pentru saturarea panoului cu platbenzi, osatură compusă și completări de profil și saturarea panoului cu platbenzi, osatură compusă și completări de profil [13];

Pasul 6: Sudarea platbenzilor, osaturii compuse și a completărilor de profil, pregătirea pentru autocontrol sau a inspecției CTC, remediarea observațiilor [13];

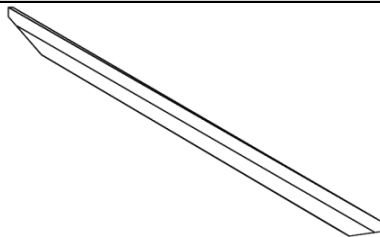
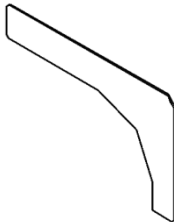
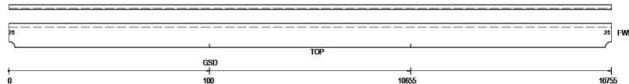
Pasul 7: Sudarea peretilor cu respectarea acelorasi pasi descrisi mai sus [13].

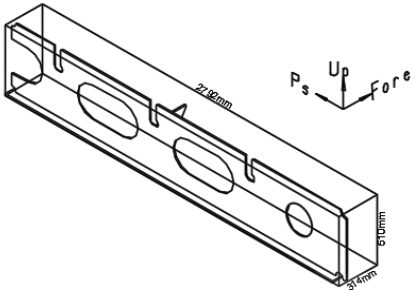
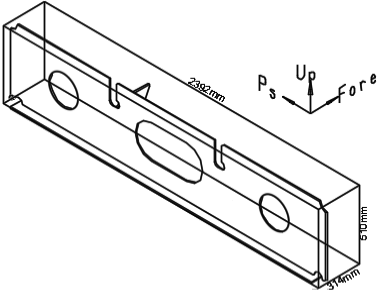
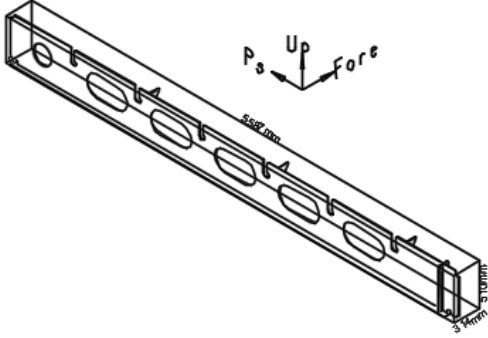
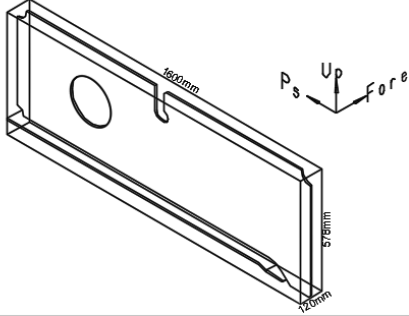
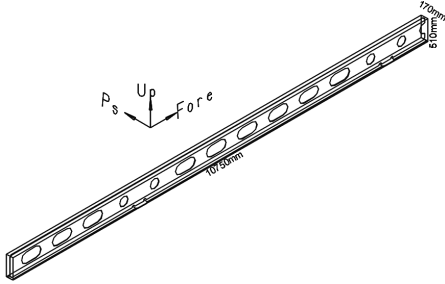
3.1. Proiectarea tehnologiilor de sudare

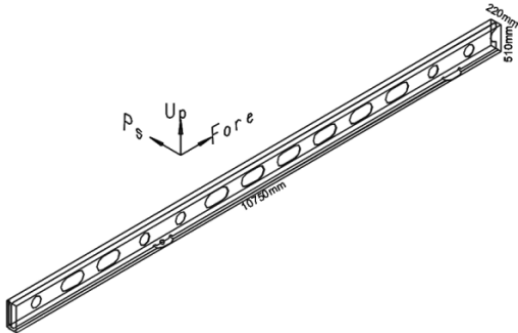
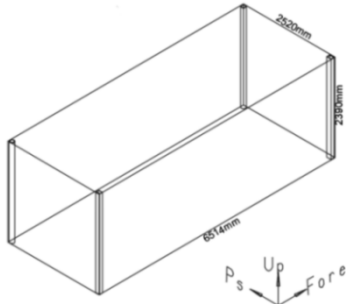
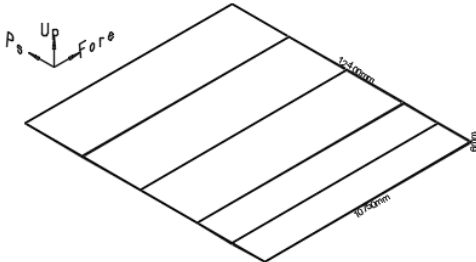
3.1.1. Descriere constructiv funcțională pentru puntea secției

Descrierea constructiv funcțională a punții este prezentată în tabelul 3.1.

Tabel 3.1. Descriere constructiv funcțională a subansamblului punte

Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
4014 (PCP)		Profil bulb AH36 FB50*5.0	58
4015(PCP)			12
4016(PCP)			6
4017(PCP)			6
12(PCP)		Tablă AH36 Grosime 8	1
16(PCP)			1
28(PCP)			1
52(PCP)			1
64(PCP)			1
70(PCP)			1
84(PCP)			1
4038		Profil bulb AH36 HP140*7.0	11
4039		Profil bulb AH36 HP120*6.0	1

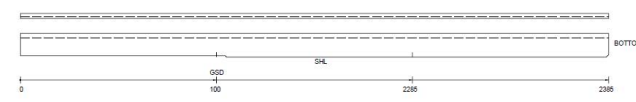
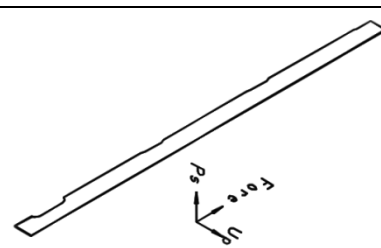
Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
OCT1		Tabla AH36 Grosime 8 Tabla AH36 Grosime 9 Flanșă AH36 FB120x10	1
OCT2			1
OCT3			1
OCT4			1
OCT5		Tabla AH36 Grosime 8 Tabla AH36 Grosime 9 Flanșă AH36 FB120x10	1
OCT6			1
OCT7			1
OCT8			1
OCT9		Tabla AH36 Grosime 8 Tabla AH36 Grosime 9 Flanșă AH36 FB120x10 Bulb AH36 FB50x10	1
OCT10			1
OCT11			1
OCT12			1
OCT13		Tabla AH36 Grosime 8 Flanșă AH36 FB120x10	1
OCT14			1
OCT15			1
OCT16			1
OCT17		Tabla AH36 Grosime 8 Flanșă AH36 FB120x10 Flanșă AH36 FB170x10	1

Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
OCT18		Tabla AH36 Grosime 8 Flanșă AH36 FB120x10 Flanșă AH36 FB100x10 Flanșă AH36 FB220x10	1
PCA		Teava AH36 114,3x10 Țeavă AH36 120x80x8	1
LSPB01		Table AH36Grosime 6	1

3.1.2. Descriere constructiv funcțională pentru peretele longitudinal PANR01

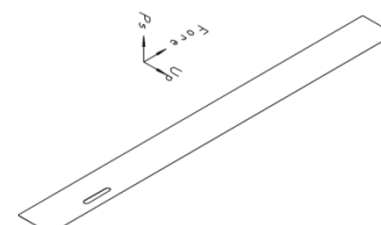
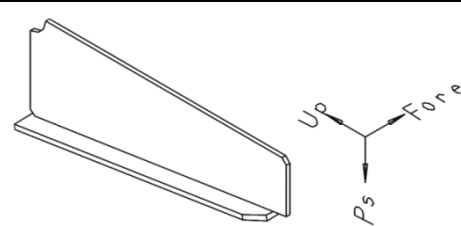
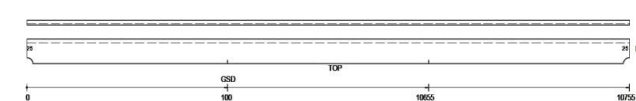
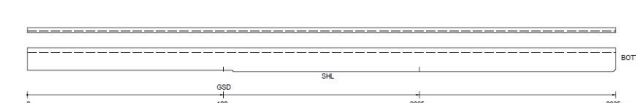
Tabel 3.2. Descriere constructiv funcțională a subansamblului perete longitudinal

Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
PANR01		Tablă AH36 Grosime:13, 18, 20	1
OCT 19		Tablă AH36 Grosime 8	1
OCT 20		Flanșă AH36 FB100x10	1
OCT 21			1

Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
OCT 22			1
4011		Profil bulb AH36 HP100*6.0	2
4041		Platbandă AH36 FB120*12.0	1
4045		Profil bulb AH36 HP100*6.0	1
4049			1
4053			1
4057			1
48		Tabla AH36 Grosime 13	1

3.1.3. Descriere constructiv funcțională pentru peretele longitudinal PANR02

Tabel 3.3. Descriere constructiv funcțională a subansamblului perete longitudinal

Marcaj	Subansamblu/Reper	Semifabricate	Buc.
PANR02		Tablă AH36 Grosime 6	1
OCT23		Tablă AH36 Grosime 8 Flanșă AH36 FB80x10	1
OCT24			1
OCT25			1
4043		Platbandă AH36 HP120*12.0	1
4035		Platbandă AH36 HP100*6.0	1

Determinarea identității reperelor debitate din profile și table pentru a permite selecționarea acestora în funcție de ordinea operațiilor tehnologice la care vor fi supuse pe fluxul de fabricație sunt prezentate în tabelul 3.4.

Tabel 3.4. Trasabilitatea subansamblelor[17]

Marcaj	Operații executate	Locație
PCP	Piese completare secție plană-stocare și dirijare	Secția Prefabricare-Traveea 3
OCT1 ... OCT25	Confecție osatură compusă profil „T” și „L” pe linia de profile „T”	Secția Prefabricare-Traveea 3
LSPB01	Confecție secție plană pe linia de secții plane	Secția Prefabricare-Traveea 2
PANR01 PANR02	Confecție secție plană pe „Robot Micro Panel Line”	Secția Prefabricare-Traveea 5
PCA	Confecție osatură compusă ca piese completare asamblat	Secția Prefabricare-Traveea 7
4011 ... 4057	Degroșări/șanfrenări	Secție Mecanică

3.1.4. Materiale de bază și de adaos

3.1.4.1. Materialul de bază

Materialul de bază folosit la subansamblul sudat punte este tablă din oțel naval AH36 având compoziția chimică și caracteristicile mecanice conform tabelelor 3.5 și 3.6.

Tabel 3.5. Compoziția chimică a materialului de bază [20]

Materialul de bază	Compoziția chimică [%]							
	C	Mn	Si	Cu	Al	Nb	S	P
AH36	max 0,18	max 1,6	max 0,5	max 0,35	min 0,015	max 0,05	max 0,035	max 0,035

Tabel 3.6. Caracteristicile mecanice ale materialului de bază [20]

Materialul de bază	$R_{p0,2}$ [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	A_5 [%]	$KV_{0^\circ C}$ [J]
AH36	min355	490...620	min 21	34

3.1.3.2. Materialul de adaos

Alegerea sârmei și a gazului de protecție pentru sudarea semimecanizată

Pentru sudarea semimecanizată se alege sârma Fluxofil 19HD

Clasificare [21][21]:

EN 758 : T 46 2 P C I H5;

AWS A5.20 : E71T-1H4

Autorizări: ABS, DNV-GL, BV, LRS

Caracteristici principale:

Sârma tubulară, cuprată, pentru sudarea în mai multe straturi sau într-un strat. Permite executarea unor depuneri cu mare viteză de depunere, cu un arc stabil, fără stropi și cu un aspect estetic al cordonului chiar și pe table cu calamină. Prescrisă în mod special

pentru aplicarea în construcții navale, în special pentru poziția vertical ascendent, permițând executarea unor cordoane de dimensiuni mici. Se poate utiliza folosind CO₂ de mare puritate [21].

Domenii de aplicare: Construcții navale, poduri și mașini de decopertat, construcții material rulant, construcții metalice și recipiente sub presiune [15].

Poziții de sudare:

IG 2F 2G 3G 3G 4G 5G 5G AWS

PA PB PC PF PG PE PF PG EN

Curent: DC+

Gaz: CO₂

H₂ difuzibil: 3 ml/100 g max

Tabel 3.7. Analiza chimică a metalului depus % [21]

Gaz	C	Mn	Si	S	P
CO ₂	0,03-0,07	1,20-1,60	0,35-0,70	≤0,020	≤0,020

Tabel 3.8. Caracteristici mecanice [21]

Gaz	Tratament termic	R _m [N/mm ²]	R _{p 0,2} [N/mm ²]	A ₅ [%]	KV _{-20°C} [J]
CO ₂	Stare sudată	530-640	≥460	≥24	≥80

Tabel 3.9. Ambalare standard [23]

Ambalare	Greutate [kg]	Diametrul [mm]			
		1,0	1,2	1,4	1,6
K 300	16	-	*	*	*
C 5	5	*	*	-	-
K 300 (D52)	16	-	*	-	*

Alegerea sârmei și a fluxului pentru sudarea sub strat de flux

Pentru sudarea sub strat de flux se alege fluxul AS 461 și sârma AS 35:

Clasificare [21]:

EN 756: S 42 3 AB S2 (AS35)

AWS A5.17: F7AP4-EM12K (AS35)

Autorizare: ABS, RINA, DNV-GL, LRS, BV

Caracteristici principale: Flux aglomerat semibazic folosit pentru sudarea oțelurilor slab aliate sau carbon, în unul ori mai multe straturi, utilizând una sau mai multe sârme. Bună desprindere a zgurii în cazul sudării în șanfren și de colț. Metalul depus deține caracteristici mecanice bune și la temperaturi scăzute [21].

Domenii de aplicare: Construcții navale, platforme marine, construcții metalice, țevi, boilere, rezervoare și aparate sub presiune [21].

Constituenți principali % (Valori tipice)[21]:

$C_aO + C_aF_2 + M_gO = 39$

$S_iO_2 = 0$

$M_nO + F_eO = 9$

$Al_2O_3 + TiO_2 + Z_rO_2 = 30$

Indice de bazicitate: 1,3 ca

Depozitare – Calcinare[20]:

DC sau AC, cu una sau mai multe sârme până la 1000 A pe sârmă.

350°C timp 2 ore pentru obținerea $H_{dif} < 5$ ml/100 gr max.

Tabel 3.10. Analiza chimică a metalului depus %[21]

Sârmă	C	Mn	Si	S	P	Cu
AS 35	0,03-0,05	1,0-1,6	0,2-0,6	≤0,02	≤0,025	≤0,035

Tabel 3.11. Caracteristici mecanice [21]

Tratament termic	R _m [N/mm ²]	R _{p 0,2} [N/mm ²]	A ₅ [%]	KV _{-20°C} [J]	KV _{-30°C} [J]	KV _{-40°C} [J]
Stare sudată	510-640	≥420	≥22	≥100	≥50	≥27
620°Cx1h	490 - 640	≥ 400	≥22	≥110	≥60	≥40

Tabel 3.12. Ambalare standard [21]

Ambalare	Greutate
Sac W000280306	25 kg
Butoi W000280309	600 kg

3.1.5. Pregătirea componentelor în vederea sudării

Modul de pregătire al componentelor

Tabel 3.13. Schița îmbinării componentelor [22]

Nr. Crt.	Denumire	Grosimea pieselor	Reprezentare	Secțiune	Dimensiuni
1	Sudură în I 	t=5-6		Steel grade (1): A, B, A32,...,D36. Steel grade (2): A, B, A32,...,D36. 	n=1
2	Sudură în Y 	t=10-20		Steel grade (1): A, B, A32,...,D36. Steel grade (2): A, B, A32,...,D36. 	f=4 n=1
2	Sudură în colț, pe o singură parte △	6≤t≤20			n=1 R=2
3	Sudură în colț, pe ambele părți △	6≤t≤20			α=50° R=n=1

Centralizarea lungimilor totale ale cordoanelor a subansamblului punte LSPB01 este prezentată în tabelul 3.14 .

Tabel 3.14. Centralizarea cordoanelor de sudură

Nr. Crt.	Tip sudură	Lungime cordoane [mm]	Total lungime cordoane[mm]	Grosimi componente [mm]
1	Sudură cap la cap, pe ambele părți 4	89.840	89.840	$t_1=6$ $t_2=6$
2	Sudură în colț, pe ambele părți 3 ▷	118.034	118.034	$t_1=5$ $t_2=6$
3	Sudură în colț, pe ambele părți 4 ▷	224.960	257.442	$t_1=6$ $t_2=7$
		31.764		$t_1=6$ $t_2=8$
		718		$t_1=6$ $t_2=10$
4	Sudură în colț, pe ambele părți 5 ▷	10.720	168.304	$t_1=7$ $t_2=8$
		150.678		$t_1=8$ $t_2=10$
		1.208		$t_1=8$ $t_2=12$
		5.352		$t_1=8$ $t_2=13$
		346		$t_1=8$ $t_2=18$
5	Sudură în colț, pe ambele părți 6 ▷	1.840	13.080	$t_1=9$ $t_2=10$
		8.600		$t_1=9$ $t_2=14$
		2.640		$t_1=10$ $t_2=10$

Centralizator:

Îmbinări sudate cap la cap...89.840 mm

Îmbinări de colț executate vertical (PF)... 26.328 mm

Îmbinări sudate de colț executate orizontal (PB)...529.906 mm

Îmbinări sudate de colț executate peste cap (PE)...626 mm

Total îmbinări sudate cap la cap...89.840 mm

Total îmbinări sudate de colț...556.860 mm

Centralizarea lungimilor totale ale cordoanelor subansamblului peretelui PANR01 este prezentată în tabelul 3.15 .

Tabel 3.15 Centralizarea cordoanelor de sudură

Tip sudură		Lungime cordoane [mm]	Total lungime cordoane [mm]	Grosimi componente [mm]
1	Sudură cap la cap, pe ambele părți 12	2.660	4.034	$t_1=18$ $t_2=20$
		1.374		$t_1=18$ $t_2=18$
2	Sudură în colț, îmbinare pe ambele părți 4 ▷	23.840	28.608	$t_1=6$ $t_2=18$
		4.768		$t_1=6$ $t_2=20$
3	Sudură în colț, pe ambele părți 5 ▷	18.516	21.156	$t_1=8$ $t_2=10$
		2.640		$t_1=8$ $t_2=12$
4	Sudură în colț, pe ambele părți 8 ▷	21.512	21.512	$t_1=12$ $t_2=18$

Centralizator:

Îmbinări sudate cap la cap...4.034 mm;

Îmbinări de colț executate vertical... (PF)1.962 mm;

Îmbinări sudate de colț executate orizontal (PB)...6.9206 mm;

Îmbinări sudate de colț executate peste cap (PE)...108 mm;

Total îmbinări sudate cap la cap...4.034 mm;

Total îmbinări sudate de colț...71.276 mm.

Centralizarea lungimilor totale ale cordoanelor subansamblului peretelui PANR02 este prezentată în tabelul 3.16.

Tabel 3.16 Centralizarea cordoanelor de sudură

Nr. Crt.	Tip sudură	Lungime cordoane [mm]	Total lungime cordoane[mm]	Grosimi componente [mm]
1	Sudură în colț, pe ambele părți 4▷	21.512	43.024	$t_1=6t_2=8$
		21.512		$t_1=6t_2=12$
2	Sudură în colț, pe ambele părți 5▷	3.270	3.674	$t_1=8t_2=10$
		404		$t_1=8t_2=12$

Centralizator:

Îmbinări de colț executate vertical (PF)... 600 mm;

Îmbinări sudate de colț executate orizontal (PB)...46.098 mm;

Total îmbinări sudate de colț...46.698 mm.

3.1.6. Sudarea Punții**3.1.6.1. Sudarea tablelor punții****Descrierea secvențelor de lucru și a activităților**

Muncitori participanți: Activitatea aceasta se realizează cu un sudor, instruit să lucreze pe mașini de sudură sub strat de flux pe o parte de tip IMG [16].

Utilaje și dotări: instalație de sudură sub strat de flux pe o singură parte tip IMG, instalație prevăzută cu trei sârme, sursă de sudură de tip KEMPPI 5200, lere pentru măsurarea luftului dintre table înaintea sudării, marcker permanent pentru poansonarea cordoanelor de sudură, ciocan pneumatic și de zgură[16].

Operații: Se controlează corectitudinea efectuării șanfrenului îmbinării, se prind plăcuțele de capăt, se reglează unghiul sârmelor, care se realizează după fiecare rând de sudură, se umple plăcuța suport de cupru cu flux, se realizează cordonul de sudură, după realizarea cordonului se îndepărtează fluxul și zgura, se curăță cordonul, se remediază eventualele neconformități și se poansonează cordonul de sudură [16].

Calculul parametrilor de sudare sub strat de flux

1. Natura și polaritatea curentului de sudare: continuu cu polaritate inversă [7] [10]
Diametrul sârmei electrod (d_e) se alege în funcție de: grosimea componentelor îmbinării, de dimensiunile rostului și de modul de transfer adoptat. Astfel pentru sudarea sub strat de flux se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=2,5$ mm [7] [10]
2. Intensitatea curentului de sudare (I_s) se determină în funcție de diametrul sârmei electrod utilizate la sudare. Conform prescrierilor Institutului Internațional de

sudură (I.I.S.), curentul maxim ($I_s \max$) și curentul minim ($I_s \min$) trebuie să îndeplinească următoarele condiții [7] [10]:

$$I_{s \min} = 162,5 \cdot d_e - 190 \text{ [A]} \quad (3.1)$$

$$I_{s \min} = 162,5 \cdot 2,5 - 190 = 216,25 \text{ [A]} \quad (3.2)$$

$$I_{s \max} = 13 \cdot d_e^2 + 147 \cdot d_e - 87 \text{ [A]} \quad (3.3)$$

$$I_{s \max} = 13 \cdot 2,5^2 + 147 \cdot 2,5 - 87 = 361,5 \text{ [A]} \quad (3.4)$$

Utilizând relațiile de mai sus se poate determina și curentul mediu de sudare [7]:

$$I_{s \text{ med}} = \frac{I_{s \min} + I_{s \max}}{2} = 6,5 \cdot d_e^2 + 154,75 \cdot d_e - 138,5 \text{ [A]} \quad (3.5)$$

$$I_{s \text{ med}} = \frac{I_{s \min} + I_{s \max}}{2} = 6,5 \cdot 2,5^2 + 154,75 \cdot 2,5 - 138,5 = 289 \text{ [A]} \quad (3.6)$$

3. Tensiunea arcului (U_a) se determină cu ajutorul relației [7] [10]:

$$U_a = 20 \cdot \frac{0,05}{\sqrt{d_e}} \cdot I_s \pm 1 \text{ [V]} \quad (3.7)$$

$$U_a = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2,5}} \cdot 289 \pm 1 = 28,13 \text{ [V]} \quad (3.8)$$

4. Viteza de sudare (v_s) se stabilește cu relația [7][10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot A_d}{6 \cdot F_t \cdot \rho} \text{ [cm/min]} \quad (3.9)$$

Unde [7][10]:

ρ : densitatea materialului depus; $\rho = 7,85 \text{ [g/cm}^3\text{]}$;

F_t : secțiunea unei treceri, în $\text{[cm}^2\text{]}$

A_d : rata depunerii pe oră [kg/oră] , care se determină cu relația:

$$A_d = 5,28 \cdot 10^{-3} \cdot I_s + 3,28 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{I_s^2}{d_e} \text{ [kg/oră]} \quad (3.10)$$

$$A_d = 5,28 \cdot 10^{-3} \cdot 289 + 3,28 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{289^2}{2,5} = 2,62 \text{ [kg/oră]} \quad (3.11)$$

Relația 3.11. este valabilă pentru sudarea în curent continuu cu polaritate inversă și pentru o lungime liberă a sârmei electrod de 25 mm [7] [10].

Se alege un rost în I cu $n=3 \text{ mm}$. Aria secțiunii acestui rost se calculează cu următoarea formulă [7] [10]:

$$F_r = t \cdot n \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.12)$$

$$F_r = 6 \cdot 3 = 0,18 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.13)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r = F_t = 0,18 \text{ cm}^2$

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,62}{6 \cdot 0,18 \cdot 7,85} = 30,90 \text{ [cm/min]} \quad (3.14)$$

5. Viteza de avans a sârmei electrod (v_e) se stabilește cu relația [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{F_t \cdot v_s}{\pi \cdot d_e^2} \text{ [cm/min]} \quad (3.15)$$

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,18 \cdot 30,90}{\pi \cdot 2,5^2} = 113,36 \text{ [cm/min]} \quad (3.16)$$

6. Energia liniară (E_l) se determină în funcție de randamentul: $\eta = (0,8 \dots 0,85)$ cu relația [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot \eta \cdot \frac{U_a \cdot I_s}{v_s} \text{ [J/cm]} \quad (3.17)$$

$$E_l = 60 \cdot 0,8 \cdot \frac{28,13 \cdot 289}{30,90} = 12\,628,45 \text{ [J/cm]} \quad (3.18)$$

3.1.6.2. Sudarea osaturii simple

Descrierea secvențelor de lucru și a activităților

Muncitori: Pentru realizarea acestei activități numărul de sudori diferă în funcție de: grosimea elementelor de osatură, mărimea panoului, schemele de sudare aplicate. Aceștia trebuie să fie autorizați pentru procedeul de sudare și pozițiile de lucru [14].

Utilaje și dotări: Aparat de sudură automată de colț de tip KOSTEC, surse de sudare pentru sudarea semiautomată MIG-MAG, pat de sudat osatură simplă, lere pentru măsurat calibrul sudurii, clești arc-aer, pistolete de sudare [14].

Operații: Se pregătește locul de muncă și se protejează zona de lucru cu panouri antiflamă, se determină parametrii de sudură și schemele de sudare, se realizează cordoanele de sudură după care se curăță, se verifică calibrul acestora, se efectuează predarea tehnică a cordoanelor, se realizează controlul nedestructiv dacă este cerut prin documentație, se poansonează și se protejează cu vopsea pe bază de apă. În figurile de mai jos se prezintă ordinea de sudare a intersecțiilor dintre osaturi și a osaturii de punte [14].

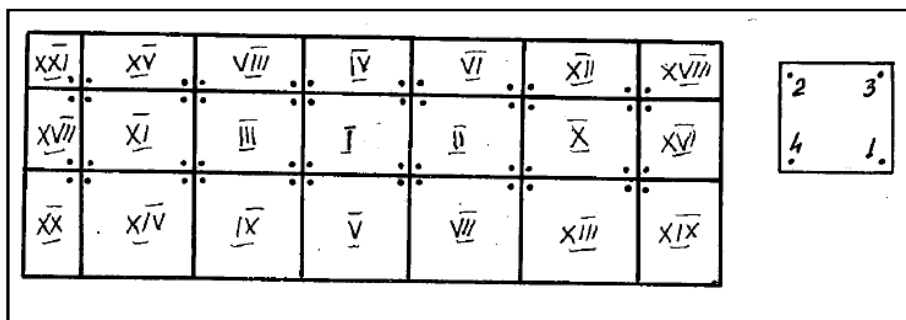


Fig 3.1. Sudarea intersecțiilor de osaturi [18]

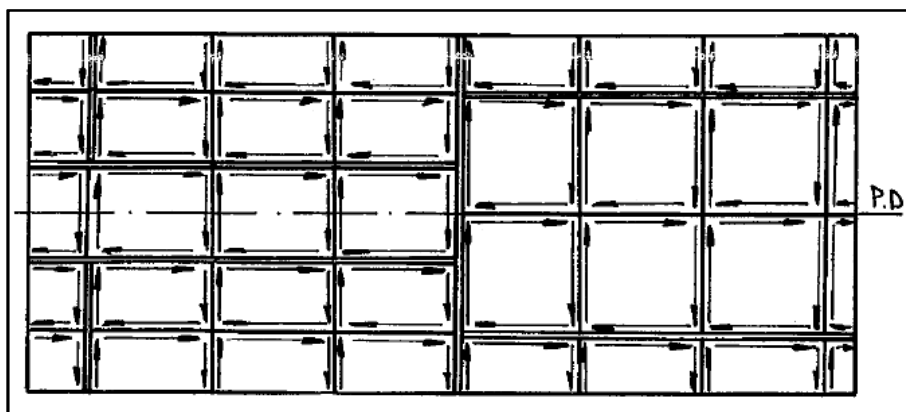


Fig 3.2. Sudarea osaturii de punte[18]

Calculul parametrilor de sudare MAG-CO₂

Pentru determinarea parametrilor tehnologici la sudarea MAG-CO₂ se parcurg două etape principale [7] [10]:

- Alegerea modului de transfer
Pentru sudarea subansamblului punte se alege transferul spray-arc (transferul în arc lung) care este specific sudării cu curenți mari, pentru grosimea tablelor de și peste 5 mm.
- Stabilirea parametrilor în funcție de modul de transfer

Pentru grosimea elementelor de 6 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare este stabilită în funcție de modul de transfer. Se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e) se alege în funcție de: grosimea componentelor îmbinării, de dimensiunile rostului și de modul de transfer adoptat. Astfel pentru sudarea MAG a subansamblului punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=1,2$ mm [7] [10].
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) se determină în funcție de modul de transfer și diametrul sârmei electrod cu următoarea relație [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot d_e^2 + 370 \cdot d_e - 78 \text{ [A]} \quad (3.19)$$

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.20)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) se determină cu ajutorul relației [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot I_s \text{ [V]} \quad (3.21)$$

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.22)$$

5. Viteza de sudare (v_s) se stabilește cu relația [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot A_d}{6 \cdot F_t \cdot \rho} \text{ [cm/min]} \quad (3.23)$$

$$A_d = 3 \cdot 10^{-5} \cdot I_s^2 + 10^{-3} \cdot I_s + 0,5 \text{ [kg/oră]} \quad (3.24)$$

$$A_d = 3 \cdot 10^{-5} \cdot 269,52^2 + 10^{-3} \cdot 269,52 + 0,5 = 2,93 \text{ [kg/oră]} \quad (3.25)$$

Se stabilește cu relația de mai jos secțiunea unei treceri [7] [10]:

$$F_t = \frac{F_r}{n_t} \quad (3.26)$$

Unde [7] [10]:

F_t : secțiunea unei treceri

F_r : secțiunea totală a cordonului

n_t : numărul de treceri

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=50^\circ$, $R=n=1$ mm. Aria secțiunii acestui rost se calculează cu următoarea formulă [7] [10]:

$$F_r = t \cdot R + \frac{(t-n)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{4} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.27)$$

$$F_r = 6 \cdot 1 + \frac{(6-1)^2 \cdot \operatorname{tg} 50}{4} = 0,13 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.28)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r = F_t = 0,13 \text{ cm}^2$

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,13 \cdot 7,85} = 47,85 \text{ [cm/min]} \quad (3.29)$$

6. Viteza de avans a sârmei electrod (v_e) se stabilește cu relația [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{F_t \cdot v_s}{\pi \cdot d_e^2} \text{ [cm/min]} \quad (3.30)$$

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,13 \cdot 47,85}{\pi \cdot 1,2^2} = 550,29 \text{ [cm/min]} \quad (3.31)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g)

Este influențat de intensitatea curentului de sudare, de tensiunea arcului, de viteza de sudare, de mediul de lucru și de forma constructivă a îmbinării. $D_g = (18-20)$ l/min la $I_s = (150-350)$ A [7] [10].

Conform recomandărilor se alege $D_g = 20$ l/min.

8. Energia liniară (E_l) se determină în funcție de randamentul: $\eta = (0,6 \dots 0,8)$ cu relația

$$E_l = 60 \cdot \eta \cdot \frac{U_a \cdot I_s}{v_s} \text{ [J/cm]} \quad (3.32)$$

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{47,85} = 5\,772,96 \text{ [J/cm]} \quad (3.33)$$

Pentru grosimea elementelor de 9 mm:

1. Se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Pentru sudarea MAG a subansamblului Punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=1,2$ mm.
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.34)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.35)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,27 \cdot 7,85} = 23,04 \text{ [cm/min]} \quad (3.36)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=50^\circ$, $R=n=1$ mm [7] [10].

$$F_r = 9 \cdot 1 + \frac{(9-1)^2 \cdot tg50}{4} = 0,27 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.37)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r=F_t=0,27 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,27 \cdot 28,47}{\pi \cdot 1,2^2} = 680,01 \text{ [cm/min]} \quad (3.38)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): se alege $D_g=20$ l/min [7] [10].
8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{23,04} = 11\,989,42 \text{ [J/cm]} \quad (3.39)$$

3.1.6.3 Sudarea osaturii compuse**Descrierea secvențelor de lucru și a activităților**

Muncitori: Pentru realizarea acestei activități numărul de sudori diferă în funcție de: grosimea elementelor de osatură, mărimea panoului, schemele de sudare aplicate. Aceștia trebuie să fie autorizați pentru procedeul de sudare și pozițiile de lucru [15].

Utilaje și dotări: Surse de sudură pentru sudarea semiautomată MIG-MAG, aparate de sudură de colț tip Kemppi 5200 și Kemppi 3500, pat de sudat osatură compusă, pistolete de sudare, lere pentru măsurarea calibrului de sudură, polizoare, perii de sârmă, clești aer-arc [15].

Operații: Se pregătește locul de muncă și se protejează zona de lucru cu panouri antiflamă, se verifica corectitudinea realizării îmbinărilor, se administrează tratamente termice (unde este cazul), se realizează cordoanele de sudură în funcție de schemele de sudare și a grosimii pieselor, se bate zgura și se perie cordonul de sudură, se remediază eventualele neconformități, se realizează predarea tehnică a cordonelor sudate (se va poliza toate neconformitățile depistate sau se vor îndepărta prin periere), se poansonează cordoanele de sudură și în final acestea se protejează cu vopsea pe bază de apă [15].

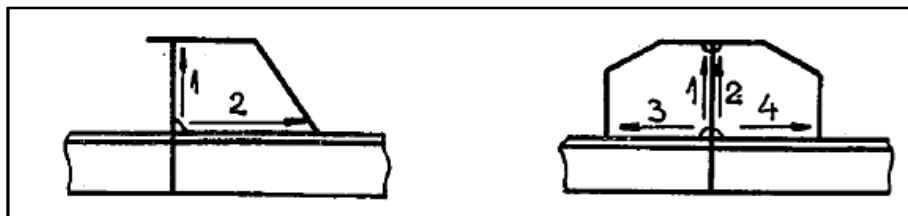


Fig.3.2. Sudarea elementelor de legătură de osatura compusă[18]

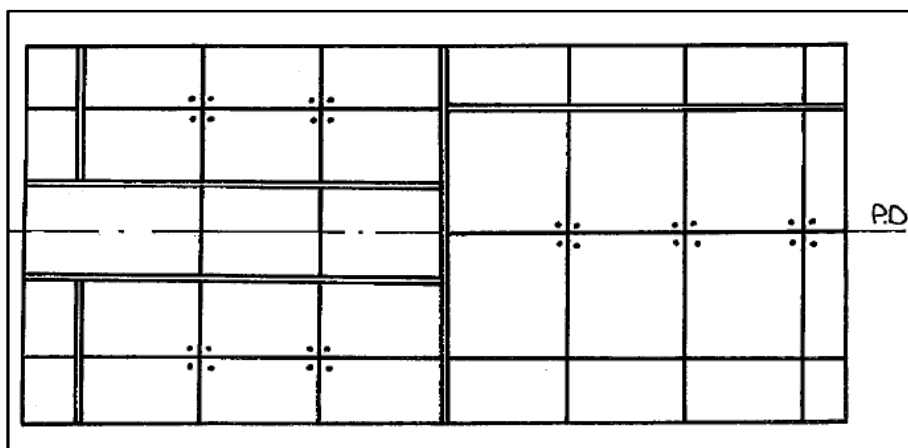


Fig.3.3. Sudarea intersecțiilor elementelor dintre osatura simplă și cea compusă[18]

Calculul parametrilor de sudare MAG-CO₂

Pentru grosimea elementelor de 8 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e): pentru sudarea MAG a subansamblului punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=1,2$ mm [7] [10].
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.40)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.41)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,22 \cdot 7,85} = 28,27 \text{ [cm/min]} \quad (3.42)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=50^\circ$, $R=n=1$ mm [7] [10].

$$F_r = 8 \cdot 1 + \frac{(8-1)^2 \cdot \operatorname{tg} 50}{4} = 0,22 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.43)$$

Se are în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r=F_t=0,22 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,22 \cdot 28,47}{\pi \cdot 1,2^2} = 554,08 \text{ [cm/min]} \quad (3.44)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g=20$ l/min.

8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{28,27} = 9\,771,36 \text{ [J/cm]} \quad (3.45)$$

Pentru grosimea elementelor de 9 mm: Calculul parametrilor s-a realizat anterior.

Pentru grosimea elementelor de 10 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e): pentru sudarea MAG a subansamblului punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=1,2$ mm.
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.46)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.47)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,34 \cdot 7,85} = 20,29 \text{ [cm/min]} \quad (3.48)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=50^\circ$, $R=n=1$ mm.

$$F_r = 10 \cdot 1 + \frac{(10-1)^2 \cdot \operatorname{tg} 50}{4} = 0,34 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.49)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r = F_t = 0,34 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,34 \cdot 20,29}{\pi \cdot 1,2^2} = 610,27 \text{ [cm/min]} \quad (3.50)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g = 20 \text{ l/min}$.

8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{20,29} = 13\,614,41 \text{ [J/cm]} \quad (3.51)$$

3.1.6.4. Sudarea pieselor de completare a panoului

Piese de completare a panoului sunt piese singulare care se assemblează în cadrul unei secții plane, în general pe ultimul tact tehnologic.

Calculul parametrilor de sudare MAG- CO_2

Pentru grosimea elementelor de 5 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: Se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e): se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e = 1,2 \text{ mm}$ [7] [10].
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.52)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.53)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,09 \cdot 7,85} = 54,25 \text{ [cm/min]} \quad (3.54)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2} V$ cu $\alpha = 50^\circ$, $R = r = 1 \text{ mm}$ [7] [10].

$$F_r = 5 \cdot 1 + \frac{(5 - 1)^2 \cdot \tan 50}{4} = 0,09 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.55)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r = F_t = 0,09 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,09 \cdot 54,25}{\pi \cdot 1,2^2} = 431,92 \text{ [cm/min]} \quad (3.56)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g = 20 \text{ l/min}$.

8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{54,25} = 5\,091,91 \text{ [J/cm]} \quad (3.57)$$

Pentru grosimea elementelor de 6 și 8 mm: Calculul parametrilor de sudare s-a realizat mai sus

3.1.6.5. Sudarea stâlpilor (PCA)

Ordinea de sudare a intersecțiilor dintre stâlpi și întărituri este prezentată în figura de mai jos.

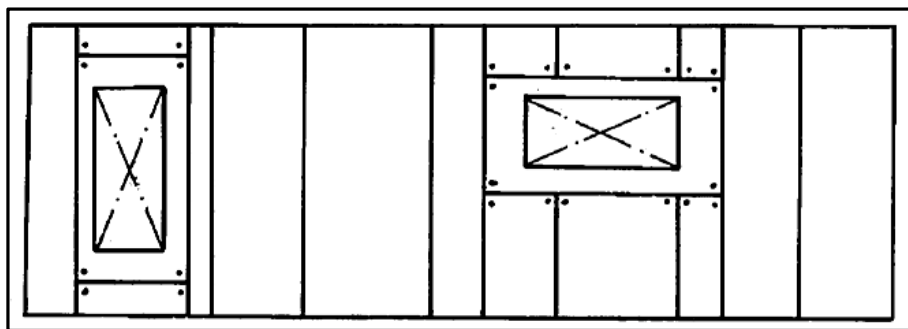


Fig 3.4. Sudarea intersecțiilor dintre stâlpi și întărituri [18]

Calculul parametrilor de sudare MAG- CO_2

Pentru grosimea elementelor de 8 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: Se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e): pentru sudarea MAG a subansamblului Punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e = 1,2 \text{ mm}$.
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.58)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.59)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,17 \cdot 7,85} = 36,59 \text{ [cm/min]} \quad (3.60)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=45^\circ$, $R=2$ mm, $n=1$ mm

$$F_r = 8 \cdot 1 + \frac{(8 - 2)^2 \cdot \operatorname{tg} 45}{4} = 0,17 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.61)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r=F_t=0,17 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,17 \cdot 36,59}{\pi \cdot 1,2^2} = 550,27 \text{ [cm/min]} \quad (3.62)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g=20$ l/min.

8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{36,59} = 7\,549,50 \text{ [J/cm]} \quad (3.63)$$

Pentru grosimea elementelor de 10 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: Se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].

2. Diametrul sârmei electrod (d_e): pentru sudarea MAG a subansamblului Punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e=1,2$ mm.

3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 \text{ [A]} \quad (3.64)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 \text{ [V]} \quad (3.65)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,26 \cdot 7,85} = 23,92 \text{ [cm/min]} \quad (3.66)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=45^\circ$, $R=2$ mm, $n=1$ mm

$$F_r = 10 \cdot 1 + \frac{(10 - 2)^2 \cdot \operatorname{tg} 45}{4} = 0,26 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.67)$$

Având în vedere că se sudează dintr-o singură trecere, $F_r=F_t=0,26 \text{ cm}^2$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7][10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,26 \cdot 23,92}{\pi \cdot 1,2^2} = 550,17 \text{ [cm/min]} \quad (3.68)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g = 20$ l/min.

8. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{23,92} = 11\,547,48 \text{ [J/cm]} \quad (3.69)$$

3.1.7. Sudarea pereților longitudinali

3.1.7.1. Sudarea tablelor peretelui

Descrierea secvențelor de lucru și a activităților sunt la fel ca în cazul sudării tablelor punții.

Calculul parametrilor de sudare sub strat de flux

1. Natura și polaritatea curentului de sudare: se va utiliza curent continuu cu polaritate inversă DC^+ [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_s): pentru sudarea sub strat de flux se alege sârmă electrod cu diametrul $d_s = 4$ mm. [7] [10].
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_{s\min} = 162,5 \cdot 4 - 190 = 460 \text{ [A]} \quad (3.70)$$

$$I_{s\max} = 13 \cdot 4^2 + 147 \cdot 4 - 87 = 605 \text{ [A]} \quad (3.71)$$

$$I_{s\text{med}} = \frac{I_{s\min} + I_{s\max}}{2} = 6,5 \cdot 4^2 + 154,75 \cdot 4 - 138,5 = 584,5 \text{ [A]} \quad (3.72)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 584,5 \pm 1 = 33,61 \text{ [V]} \quad (3.73)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 5,24}{6 \cdot 0,35 \cdot 7,85} = 55,62 \text{ [cm/min]} \quad (3.74)$$

Se alege un rost în Y cu $\alpha = 60^\circ$, $n = 1$ mm și $f = 4$ mm

$$F_r = t \cdot n + (t - f)^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.75)$$

$$F_r = 18 \cdot 1 + (18 - 4)^2 \cdot tg \frac{60}{2} = 1,31 [cm^2] \quad (3.76)$$

Dar aria secțiunii cordonului este mai mare decât aria secțiunii rostului, relația dintre acestea fiind [7] [10]:

$$F_r = (1,1 \dots 1,4) \cdot F_t [cm^2] \quad (3.77)$$

$$F_r = 1,1 \cdot 1,31 = 1,44 [cm^2] \quad (3.78)$$

$$n_t = \frac{F_r}{F_t} \quad (3.79)$$

Se adoptă $F_t = 0,2 cm^2$

$$n_t = \frac{1,44}{0,35} = 7 \quad (3.80)$$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,2 \cdot 55,62}{\pi \cdot 4^2} = 69,52 [cm/min] \quad (3.81)$$

7. Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,8 \cdot \frac{33,61 \cdot 584,5}{55,62} = 1\ 695,36 [J/cm] \quad (3.82)$$

3.1.7.2. Sudarea osaturii simple

Descrierea secvențelor de lucru și a activităților sunt la fel ca în cazul sudării osaturii simple a punții.

Calculul parametrilor de sudare MAG-CO₂

Pentru grosimea elementelor de 12 mm:

1. Polaritatea curentului de sudare: se utilizează numai polaritatea inversă pentru transferul spray-arc [7] [10].
2. Diametrul sârmei electrod (d_e): pentru sudarea MAG a subansamblului punte se alege sârmă electrod cu diametrul $d_e = 1,2$ mm [7] [10].
3. Intensitatea curentului de sudare (I_s) [7] [10]:

$$I_s = -67 \cdot 1,2^2 + 370 \cdot 1,2 - 78 = 269,52 [A] \quad (3.83)$$

4. Tensiunea arcului (U_a) [7] [10]:

$$U_a = 15 + 0,05 \cdot 269,52 = 28,47 [V] \quad (3.84)$$

5. Viteza de sudare (v_s) [7] [10]:

$$v_s = \frac{100 \cdot 2,93}{6 \cdot 0,26 \cdot 7,85} = 23,92 \text{ [cm/min]} \quad (3.85)$$

Se alege un rost în $\frac{1}{2}$ V cu $\alpha=50^\circ$, $R=n=1$ mm

$$F_r = 12 \cdot 1 + \frac{(12 - 1)^2 \cdot \tan 50^\circ}{4} = 0,48 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.86)$$

Dar aria secțiunii cordonului este mai mare decât aria secțiunii rostului, relația dintre acestea fiind [7] [10]:

$$F_r' = (1,1 \dots 1,4) \cdot F_r \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.87)$$

$$F_r' = 1,1 \cdot 0,48 = 0,52 \text{ [cm}^2\text{]} \quad (3.88)$$

$$n_t = \frac{F_r'}{F_t} \quad (3.89)$$

Se adoptă $F_t=0,26 \text{ cm}^2$

$$n_t = \frac{0,52}{0,26} = 2 \quad (3.90)$$

6. Viteza de avans a sârmei electrod [7] [10]:

$$v_e = 400 \cdot \frac{0,26 \cdot 23,92}{\pi \cdot 1,2^2} = 550,17 \text{ [cm/min]} \quad (3.91)$$

7. Debitul de gaz de protecție (D_g): conform recomandărilor se alege $D_g=20$ l/min.
Energia liniară (E_l) [7] [10]:

$$E_l = 60 \cdot 0,6 \cdot \frac{28,47 \cdot 269,52}{23,92} = 1\,548,34 \text{ [J/cm]} \quad (3.92)$$

Pentru grosimea elementelor de 6 și 8 mm: Calculul parametrilor de sudare s-a realizat mai sus

3.1.7.3. Sudarea osaturii compuse

Descrierea secvențelor de lucru și a activităților sunt la fel ca în cazul sudării osaturii compuse a punții.

Calculul parametrilor de sudare MAG-CO₂

Pentru grosimea elementelor de 8 mm: Calculul parametrilor s-a realizat anterior.

3.1.8. Calcularea temperaturii de preîncălzire

Se stabilește conform standardului european EN 1011-2 metoda A.

Preîncălzirea se aplică oțelurilor navale (de la gradul A la gradul E36) sau a echivalențelor acestora și poate fi extinsă la fiecare oțel din grupele 1 până la 7, conform CR ISO 15608, eliminând oțelurile inoxidabile feritice [25].

Carbonul echivalent se calculează cu formula următoare [20] [25]:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V+Mo}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} [\%] \quad (3.93)$$

$$C_e = 0,18 + \frac{0,9}{6} + \frac{0,20+0,10+0,08}{5} + \frac{0,35+0,40}{15} = 0,45 [\%] \quad (3.94)$$

Grosimea combinată este suma grosimilor reperelor calculate conform figurii de mai jos (indiferent dacă îmbinările sunt fără sau cu prelucrare) [25].

$$t_{comb} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 [mm] \quad (3.95)$$

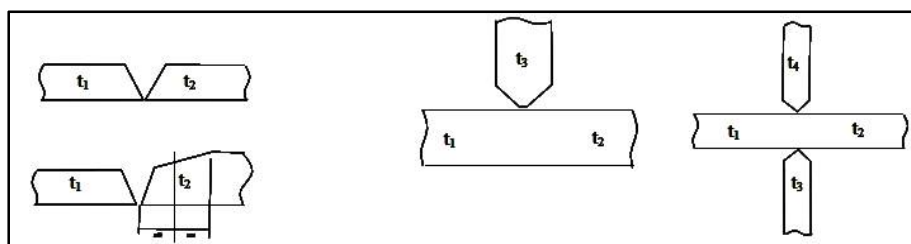


Fig. 3.5. Grosime combinată [25]

Hidrogenul difuzibil al consumabilului de sudură se stabilește conform tabelului de mai jos [25]

Tabel 3.16. Hidrogenul difuzibil [25]

Consumabil	HD	Observații
Sârmă cuprată închisă	3 - 5	A se respecta instrucțiunile de manipulare și depozitare
Sârmă necuprată neînchisă	5 - 10	După desfacerea ambalajului etanș, sârma absoarbe umiditatea. Dacă sârma nu folosește într-un schimb se recomandă a se lua în calcul HD = 10 - 15. A se respecta instrucțiunile de manipulare și depozitare
Sârmă / flux pt sudură automată	5-10	Fluxul se va usca conform fișei tehnice și a detaliilor ce se pot găsi și în WPS, se va respecta și instrucțiunile de manipulare și depozitare
	10 - 15	Flux uscat în buncăr la Panel Line

Sudarea sub strat de flux

LSPB01:

$$t_{comb} = 6 + 6 = 12 [mm] \quad (3.96)$$

PANR01

$$t_{comb1} = 18 + 20 = 38 [mm] \quad (3.97)$$

$$t_{comb2} = 18 + 18 = 36 [mm] \quad (3.98)$$

Conform figurii 3.6. pentru ambele cazuri nu este necesară temperatură de preîncălzire

Temperatura de preîncalzire °C. Energie liniară Q=1.5kJ/mm. HD=5-10ml/100g																			
Sudare automată sub strat de flux																			
Gros. comb. (mm)	(*)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
CEV≤0.41	(*)																		
Gros. comb. (mm)		10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80				
0.41<CEV≤0.43	(*)														20°C				
Gros. comb. (mm)		10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85			
0.43<CEV≤0.45	(*)											20°C	50°C		75°C	100°C			
Gros. comb. (mm)		10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85			
0.45<CEV≤0.47	(*)								20°C										
Gros. comb. (mm)		10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85			
0.47<CEV≤0.49	(*)								20°C	50°C	75°C		100°C						
Gros. comb. (mm)		10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	100		
0.49<CEV≤0.51	(*)								20°C	50°C	75°C	100°C	125°C						

(*) – uscare rost dacă e cazul

(*) – uscare rost dacă e cazul

Fig. 3.6. Temperatura de preîncălzire pentru sudarea sub strat de flux[25]

Sudarea MAG CO₂

Pentru sudarea osaturii simple îmbinări sudate orizontal

LSPB01

$$t_{comb1} = 6 + 6 + 7 = 19 [mm] \quad (3.99)$$

$$t_{comb2} = 14 + 9 + 14 = 37 [mm] \quad (3.100)$$

$$t_{comb3} = 6 + 6 + 6 = 18 [mm] \quad (3.101)$$

PANR01

$$t_{comb1} = 6 + 18 + 18 = 42 [mm] \quad (3.102)$$

$$t_{comb2} = 6 + 20 + 20 = 46 [mm] \quad (3.103)$$

PANR02

$$t_{comb1} = 6 + 12 + 6 = 28 [mm] \quad (3.104)$$

Sudarea osaturii simple îmbinări sudate peste cap

PANR01

$$t_{comb1} = 12 + 6 + 12 = 30 [mm] \quad (3.105)$$

Conform figurii 3.7. pentru valoarea $t_{comb2}=46$ este necesară o temperatură de preîncălzire de 20°C

Temperatura de preîncălzire °C. Energie liniară Q=0.6kJ/mm. HD=3-5ml/100g

Semiautomat cu sarma tubulara cuprata in CO₂ – poziția peste cap (PE) și semiautomat cu sarma tubulara cuprata in CO₂ – pozițiile PB și PD

Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
CEV≤0.42 (*)																		
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.42<CEV≤0.44 (*)								20°C		50°C								
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.44<CEV≤0.46 (*)						20°C	50°C	75°C	100°C									
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.46<CEV≤0.48 (*)				20°C	50°C	75°C	100°C	125°C										
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.48<CEV≤0.50 (*)			20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C										
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.50<CEV≤0.53 (*)		20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C	175°C										
Gros. comb. (mm)	10	15	18	22	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
0.53<CEV≤0.55 (*)		20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C	175°C										
Gros. comb. (mm)	10	15	18	22	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
0.55<CEV≤0.58 (*)		20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C	175°C	200°C									

Fig. 3.7. Temperatura de preîncălzire pentru sudarea MAG CO₂ [20]

Pentru sudarea osaturii simple îmbinări sudate vertical

LSPB01

$$t_{comb1} = 8 + 7 + 8 = 23[mm] \quad (3.106)$$

PANR01

$$t_{comb1} = 12 + 6 + 12 = 30[mm] \quad (3.107)$$

Conform figurii 3.8. pentru ambele cazuri nu este necesară temperatură de preîncălzire.

Temperatura de preîncălzire °C. Energie liniară Q=1kJ/mm. HD=3-5ml/100g

Semiautomat cu sarma tubulara cuprata in mediu de CO₂ – poziția vertical (PF)

Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
CEV≤0.44 (*)																		
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.44<CEV≤0.46 (*)										20°C	50°C							
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.46<CEV≤0.48 (*)								20°C	50°C	75°C	100°C							
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.48<CEV≤0.50 (*)						20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C							
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.50<CEV≤0.53 (*)					20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C								
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	32	35	38	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
0.53<CEV≤0.55 (*)					20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C								
Gros. comb. (mm)	10	20	25	27	30	32	35	38	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90
0.55<CEV≤0.58 (*)			20°C	50°C	75°C	100°C	125°C	150°C	175°C									

Fig. 3.8. Temperatura de preîncălzire pentru sudarea MAG CO₂ [20]

Pentru sudarea osaturii compuse îmbinări sudate orizontal și peste cap

LSPB0, PNR01, PNR02

$$t_{comb1} = 6 + 10 + 6 = 22[mm] \quad (3.108)$$

$$t_{comb2} = 10 + 8 + 10 = 28[mm] \quad (3.109)$$

$$t_{comb3} = 10 + 9 + 10 = 29[mm] \quad (3.110)$$

$$t_{comb3} = 8 + 9 + 8 = 25[mm] \quad (3.111)$$

$$t_{comb4}=10+10+10=30[mm] \quad (3.112)$$

$$t_{comb5}=6+8+6=20[mm] \quad (3.113)$$

$$t_{comb6}=10+10+6=20[mm] \quad (3.114)$$

Conform figurii 3.9. pentru ambele cazuri nu este necesară temperatură de preîncălzire.

Temperatura de preîncălzire °C. Energie liniară Q=0.8kJ/mm. HD=3-5ml/100g
Semiautomat cu sarma tubulara cuprata in CO₂ – pozitia peste cap (PE) si semiautomat cu sarma tubulara cuprata in CO₂ – pozitiile PB si PD

Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
CEV ≤0.42 (*)																		
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120
0.42<CEV≤0.44 (*)											20°C							
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80				
0.44<CEV≤0.46 (*)									20°C	50°C		75°C		100°C				
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60			75					
0.46<CEV≤0.48 (*)							20°C	50°C	75°C	100°C			125°C					
Gros. comb. (mm)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60								
0.48<CEV≤0.50 (*)					20°C	50°C	75°C	100°C		125°C								
Gros. comb. (mm)	10	20	25	28	30	35	40	45	50	60								
0.50<CEV≤0.53 (*)			20°C	50°C	75°C		100°C		125°C	150°C								
Gros. comb. (mm)	10	20	22	25	28	30	35	40	45	50			75					
0.53<CEV≤0.55 (*)			20°C	50°C	75°C	100°C		125°C		150°C			175°C					
Gros. comb. (mm)	10	20	22	25	27	30	35	40	45	50								
0.55<CEV≤0.58 (*)		20°C	50°C	75°C	100°C	125°C		150°C		175°C								

Fig. 3.9. Temperatura de preîncălzire pentru sudarea MAG CO₂[20]

Pentru sudarea osaturii compuse îmbinări sudate vertical

$$t_{comb1}=8+10+8=26[mm] \quad (3.115)$$

Conform figurii 3.9. nu este necesară temperatură de preîncălzire

Pentru sudarea PCP și PCA îmbinări sudate orizontal, peste cap și vertical

$$t_{comb1}=6+5+6=17[mm] \quad (3.116)$$

$$t_{comb2}=8+6+8=22[mm] \quad (3.117)$$

$$t_{comb1}=13+8+13=34[mm] \quad (3.118)$$

$$t_{comb2}=18+8+18=44[mm] \quad (3.119)$$

$$t_{comb2}=15+8+15=38[mm] \quad (3.120)$$

Conform figurii 3.9. nu este necesară temperatură de preîncălzire

3.2. Specificația procedurii de sudare

Conform celor stabilite mai sus, în figurile de mai jos se prezintă specificațiile procedurilor de sudare.

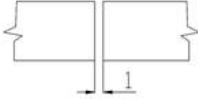
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION								
Aplicare: Toate proiectele, dacă nu se prevede altfel în documentație Scope: All projects, unless otherwise agreed				Pregătire și curățare : Debitare oxigaz, plasmă, mecanică/Rost curat și uscat Preparation and cleaning: Oxigas, plasma, mecanical, cutting/ Clean and dry joint				
Support WPQR: 284; 285				Prindere: Puncte de prindere și/sau piepteni-conf Instrucțiunii de prindere Assembly: Tack welds and/or strong backs -acc. Assembly procedure				
Condiții de sudare: În atelier sau afară cu protecție la vânt/intemperii Welding Conditions: Shop or site with wind/wheater elements protection				Materialul de bază: Laminat Roller Parent Material: A...E36 (Group 1-2 according ISO 15608)				
Echipament de sudare: Instalație sub strat de flux Welding equipment: Submerged arc installation				Grosimea materialului (mm): 6 (mm) Material Thickness:				
Procedeu de sudare: Sub strat de flux Welding Process: 125 (SAW) according ISO 4053				Diametrul exterior Outside Diameter: ≥ 500 (mm)				
Tipul îmbinării: Cap la cap Joint type: BW				Pozitia de sudare: Toate, exceptând vertical în jos (PG) Welding Position: All, except vertical downwards (PG)				
Detaliu rost / Joint design				Ordinea depunerii rândurilor / Deposit order of rows				
								
Rând Run	Procedeu sudare Welding proces	Dimensiunea material de adaos Size of Filler Metal (mm)	Tipul curentului / Polaritate Type of current / Polarity	Intensitatea Current (A)	Tensiune Voltage (V)	Viteza de avans a sârmei Wire Feed Speed (m/min)	Viteza de sudare Travel Speed (cm/min)	Energie liniară* Heat input KJ/mm
1	125	$\Phi 2.5$	DC+ ("+" la piesă "+" la sârmă)	289	28,1	0,11	0,39	1,26
Materialul de adaos, marca de fabricație: Filler metal trade name:				Sârmă tubulară cu flux rutile AS 35 Flux cored wire AWS A5.17: F7AP4-EM12K				
Gaz Gas		de protecție/ shielding la rădăcină / backing	N/A	Alte informații Other info: N/A				
Debit de gaz Gas Flow		de protecție/ shielding la rădăcină / backing	N/A	Distanță duză de contact-piesă Contact tube-work piece distance: 25 mm				
Scobire la rădăcină: crăițuire, suport ceramic/ metalic sau sudare bilaterală Gouging/Backing: gouging, backing or both side welding				Unghiul de pendulare al capului de sudare Torch angle: N/A				
Temperatura între straturi Interpass Temperature				Lățimea maximă a rândului: Max. width of row: 18 mm				
Temperatura Mediului ambinat: Conf. instrucțiunii de sudare în condiții meteo nefavorabile Ambiant Temperature: Acc. Welding under unfavourable weather conditions procedure				Temperatura de preîncălzire Preheat Temperature				
				conf. instrucțiunii de preîncălzire acc. Preheating procedure				

Fig. 3.10. Specificația procedurii de sudare pentru sudarea sub strat de flux

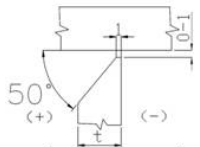
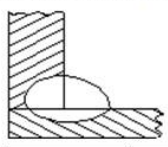
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION								
Aplicare: Toate proiectele, dacă nu se prevede altfel în documentație Scope: All projects, unless otherwise agreed				Pregătire și curățare : Debitare oxigaz, plasmă, mecanică/Rost curat și uscat Preparation and cleaning: Oxigas, plasma, mecanical, cutting/ Clean and dry joint				
Support WPQR: 284; 285				Prindere: Puncte de prindere și/sau piepteni-conf Instrucțiuni de prindere Assembly: Tack welds and/or strong backs-acc. Assembly procedure				
Condiții de sudare: În atelier sau afară cu protecție la vânt/intemperii Welding Conditions: Shop or site with wind/wheater elements protection				Materialul de bază: Laminat/Roller Parent Material: A. E36 (Group 1-2 according ISO 15608)				
Echipament de sudare: Echipament MIG-MAG Welding equipment: MIG-MAG equipment				Grosimea materialului (mm): 6 Material Thickness:				
Procedeu de sudare: În mediu de gaz protector cu sârmă tubulară Welding Process: 136 (FCAW) according ISO 4053				Diametrul exterior (mm) ≥ 500 Outside Diameter				
Tipul îmbinării: De colț Joint type: FW				Pozitia de sudare: Toate, exceptând vertical în jos (PG) Welding Position: All, except vertical downwards (PG)				
Detalii rost / Joint design				Ordinea depunerii rândurilor / Deposit order of rows				
								
Rând Run	Procedeu sudare Welding proces	Dimensiunea material de adaos Size of Filler Metal (mm)	Tipul curentului / Polaritate Type of current / Polarity	Intensitatea Current (A)	Tensiune Voltage (V)	Viteza de avans a sârmei Wire Feed Speed (m/min)	Viteza de sudare Travel Speed (cm/min)	Energie liniară Heat input KJ/mm
1	136	Φ 2.5	DC+ ("+" la piesă "+" la sârmă)	269,5	28,5	5,5	47,85	0,57
Materialul de adaos, marca de fabricație: Filler metal trade name:				Sârmă tubulară cu flux rutilic FLUXOFIL19HD Flux cored wire AWS A5.20 : E71T-1H4				
Gaz: Gas		de protecție/ shielding la rădăcină / backing	100% CO ₂ N/A	Alte informații: Other info: N/A				
Debit de gaz: Gas Flow		de protecție/ shielding la rădăcină / backing	17-24 l/min N/A	Distanță duză de contact-piesă Contact tube-work piece distance: 15-25 mm				
Scobire la rădăcină: crăitire, suport ceramic/ metalic sau sudare bilaterală Gouging/Backing: gauging, backing or both side welding				Unghiul de pendulare al capului de sudare: Torch angle: 70-90°				
Temperatura între straturi Interpass Temperature				Lățimea maximă a rândului: Max. width of row: 18 mm				
Temperatura Mediului ambinat: Ambiant Temperature:		Conf. instrucțiunii de sudare în condiții meteo nefavorabile Acc. Welding under unfavourable weather conditions procedure		Temperatura de preîncălzire: Preheat Temperature		conf. instrucțiunii de preîncălzire acc. Preheating procedure		

Fig. 3.11. Specificația procedurii de sudare pentru sudarea MIG-MAG

CONCLUZII

Spărgătoarele de gheață sunt nave a căror funcție principală este formarea unei treceri prin gheață este funcția principală, care sunt elementare țărilor precum Rusia care pentru intervale lungi ale anului acestea sunt înconjurate de gheață.

Andora este o navă destinată operațiunilor științifice multidisciplinare și simultane, de asemenea livrează marfă și echipamente către stațiile antartice și subantartice.

Se impune metoda prefabricației în industria navală care constă în asamblarea și sudarea secțiilor din corpul navei urmată de cuplarea acestora pe cală, care se poate extinde la blocsecții aproape complet saturate. Aceasta este o operație laborioasă, ce trebuie realizată în concordanță cu particularitățile constructive ale navei, cu respectarea tuturor restricțiilor precizate și urmărind folosirea cât mai eficientă a formatelor de tablă.

Compoziția chimică a oțelului AH36 este extrem de variată, procentul de aliere nedepășind 2,5-3%. Caracteristicile mecanice ale acestui oțel sunt mai avantajoase decât cele ale unor oțeluri carbon iar datorită acestora, acest oțel este în prezent utilizat destul de frecvent în construcția navelor de mari dimensiuni.

La sudarea oțelului naval AH36 se ține seama de comportarea metalurgică la sudare, comportarea tehnologică la sudare, pregătirea pieselor în vederea sudării, comportarea sub influența factorilor de natură constructivă.

Primul principiu în selectarea și corelarea metalelor de adaos îl reprezintă rezistența la rupere al acestora. În prezent materialele de adaos au alungirea la rupere mai mare decât a oțelurilor utilizate, iar din acest motiv aceasta ocupă un loc secundar. Pentru a aprecia tenacitatea unei îmbinări sudate, cea mai utilizată caracteristică este reziliența. Corelarea compoziției chimice este decisivă în cazul oțelului AH36.

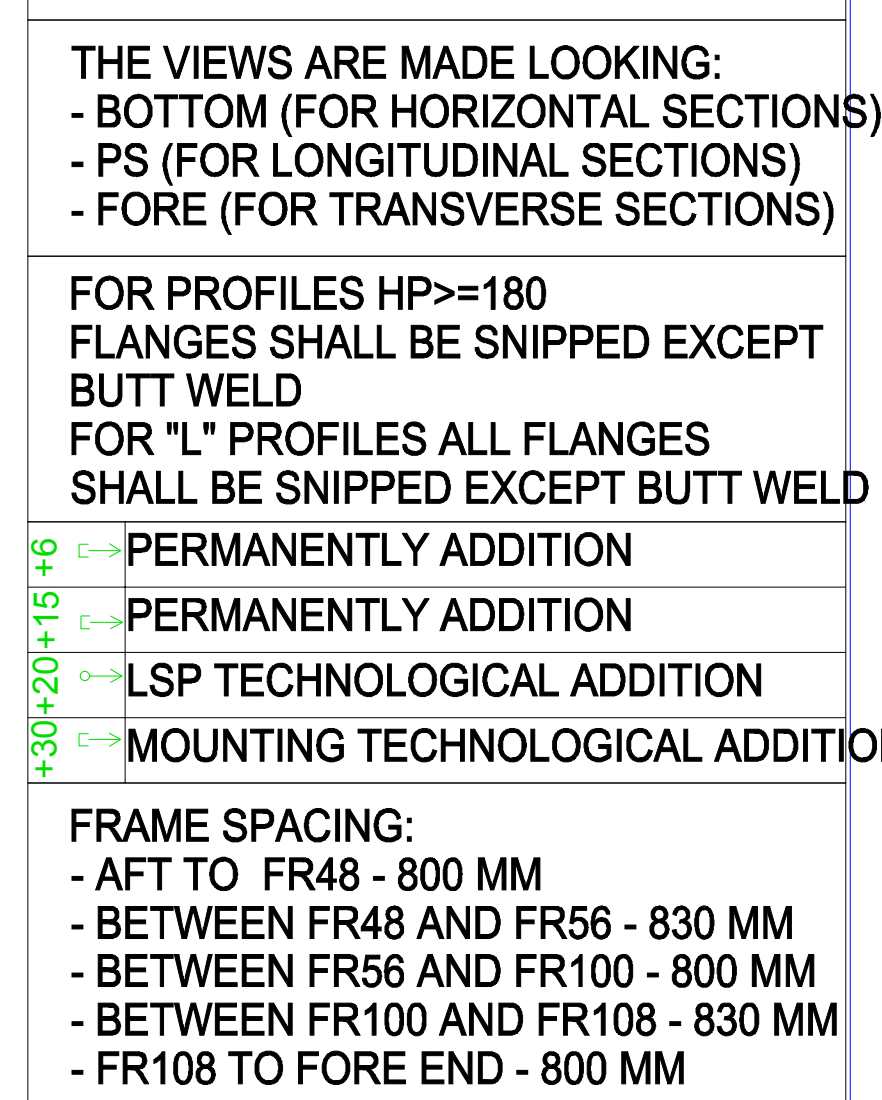
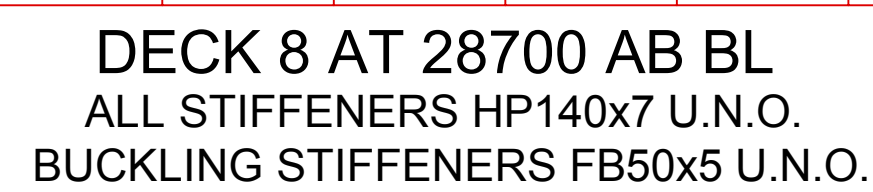
BIBLIOGRAFIE

1. Bohnard E., *Welding Principles and Practices*, McGraw-Hill Education, SUA, 2018;
2. David P., *Welding Engineering An Introduction*, Wiley, India, 2016;
3. Dokkum K., *Ship Knowledge, Ship design, Ship Construction and Operation*, Dokmar Maritime Publishers, 2016;
4. Eyres D., *ShipConstruction*, Elsevier, U.S.A., 2007;
5. Mandal N., *Ship construction and welding*, Springer, USA, 2017;
6. Misra S., *Design Principles of Ships and Marine Structure*, CRC Press, 2016;
7. Mihăilescu D., Mihăilescu A., Lupu G., *Tehnologia sudării prin topire - Îndrumar de proiectare*, Editura Fundației Universitare „Dunărea de Jos”, Galați, 2004;
8. Molland A., *Maritime Engineering Reference Book A Guide to Ship Design, Construction and Operation*, Elsevier, USA 2008;
9. Odon B., Druțu T., Constantinescu S., Drăghici V., Gherghe L., *Manualul Sudorului Naval*, Damen, Galați, 2007;
10. Șerban D., Găvan E., *Tehnologii de Asamblare și Sudare a Corpului Navei*, Evrika, 2001;
11. Takeda Y., Okumoto Y., Mano M., Okada T., *Design of Ship Hull Structures a Practical Guide for Engineers*, Springer, Japan, 2009;
12. Vander Voort F., *Metallography and Microstructures*, ASM International, 2004;
13. Vard –*Instrucțiuni de calitate: Confecționarea secțiilor plane*;
14. Vard –*Instrucțiuni de calitate: Confecționarea osaturii simple*;
15. Vard –*Instrucțiuni de calitate: Confecționarea osaturii compuse*;
16. Vard –*Instrucțiuni de calitate: Confecționarea panourilor plane*;
17. Vard -*Marcare, Trasabilitate, Sortare*;
18. Vard –*Instrucțiuni de calitate: Scheme tehnologice de sudare*;
19. Yong B., *Marine Structural design*, Elsevier, UK, 2007;
20. *** *Rules for Material and Welding*, ABS, 2019;
21. *** FRO - *Catalog consumabile de sudare*, SC Ductil SA Buzău
22. *** EN 756:2004 *Welding consumables - Solid wires, solid wire-flux and tubular; cored electrode-flux combinations for submerged arc welding of non alloy and fine grain steels – Classification*;
23. ***SR EN 20692 – 94 *Sudare cu arc electric cu electrod învelit, sudare cu arc electric în mediu de gaz protector și sudare cu gaze prin topire. Pregătirea pieselor de îmbinat din oțel*;
24. ***SE EN 759 – 98 *Materiale pentru sudare. Condiții tehnice de livrare a metalelor de adaos pentru sudare. Tipul produsului, dimensiuni, toleranțe și marcare*;
25. *** EN-1011-2 *Welding- Recommendations for welding of metallic materials*;

OPIS

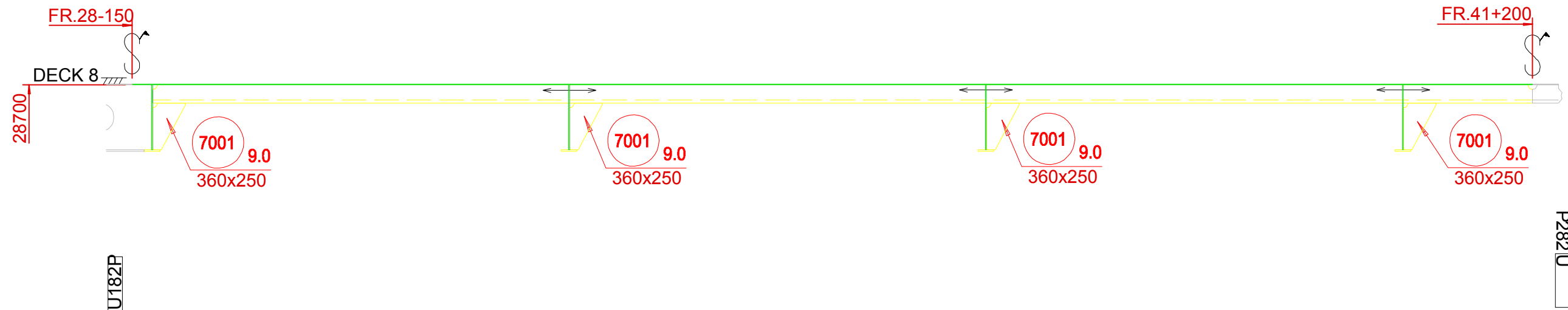
Această lucrare cuprinde:

- 17 figuri incluse în partea scrisă;
- 22 tabele incluse în partea scrisă;
- 124 ecuații incluse în partea scrisă;
- număr de pagini scrise: 49;
- 1 desen de ansamblu;

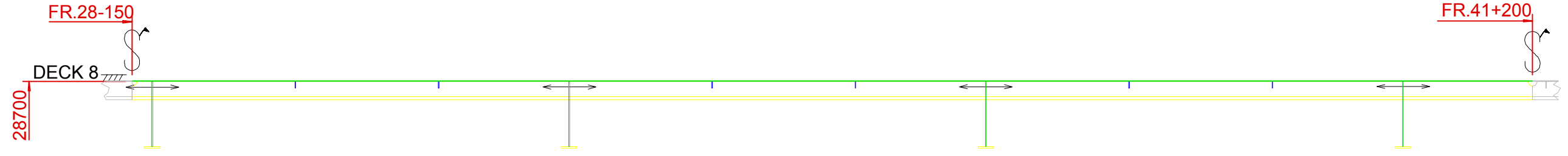


FILE:	SHEET:			
PLOT:	1 of 7			
DATE: 19.02.2019	DRAWN: Bularca L.	SCALE:	DWG. NO.	REV:
DATE:	CHECKED:	1:50		
DATE:	VERIFIED:	(1:25)		

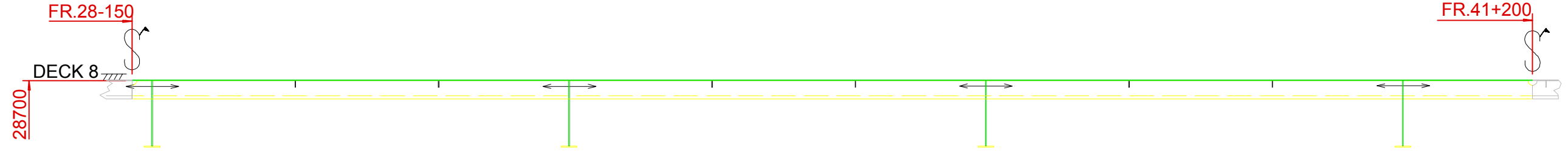
TITLE:		
UNIT 281 PS		
FR.28-150...FR.41+200		
FORMAT:	PROJECT:	DESIGN:



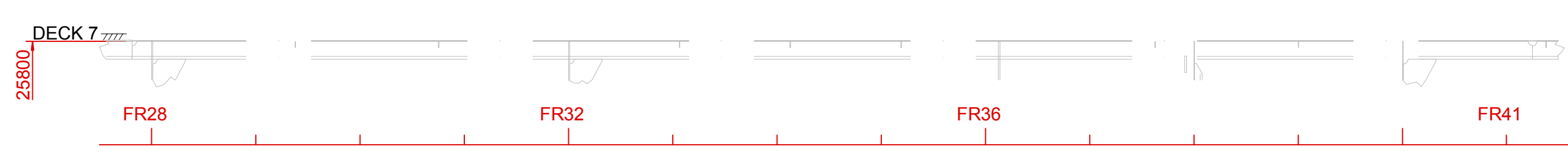
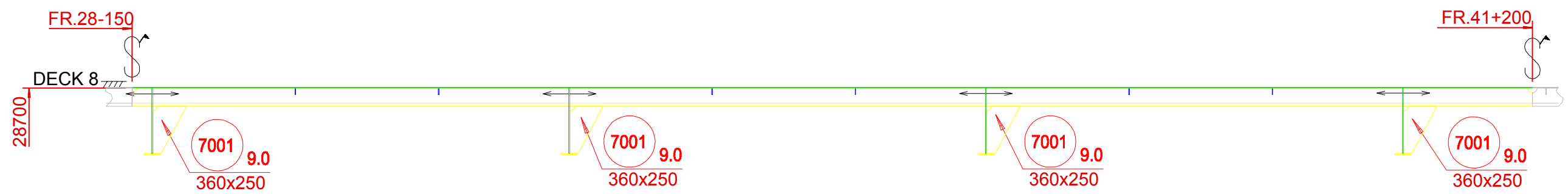
LONG. SECTION IN CL



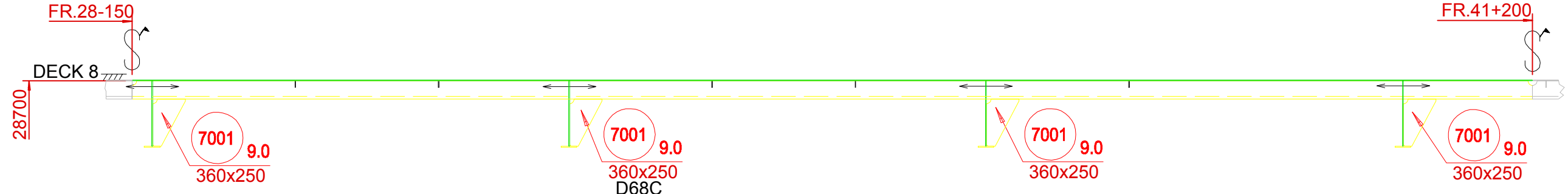
LONG. SECTION AT 800 FROM CL PS



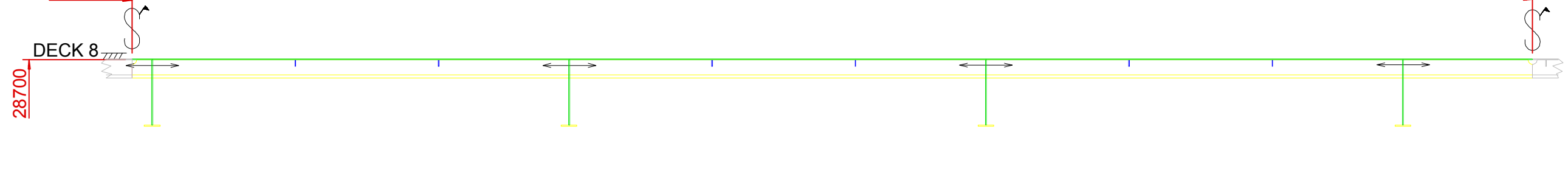
LONG. SECTION AT 800 FROM CL SB



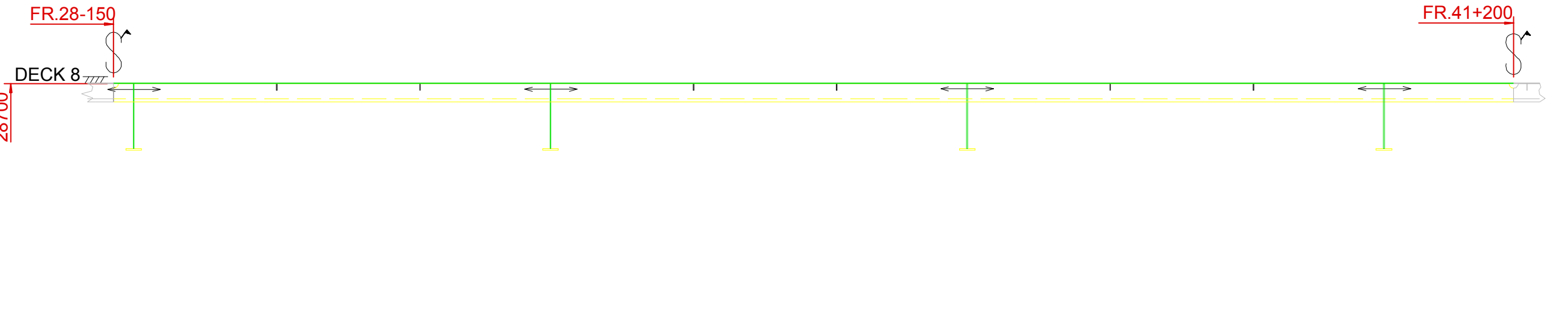
LONG. SECTION AT 1600 FROM CL PS



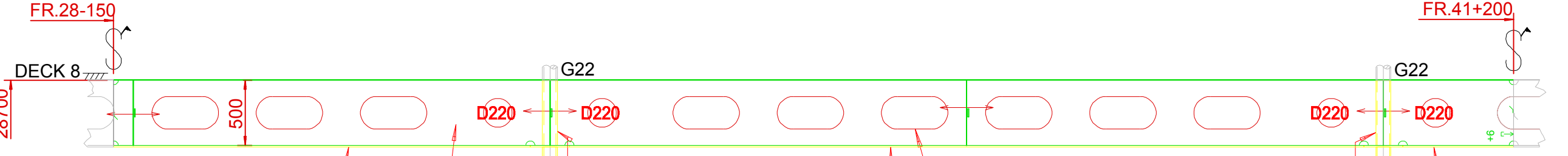
LONG. SECTION AT 1600 FROM CL SB



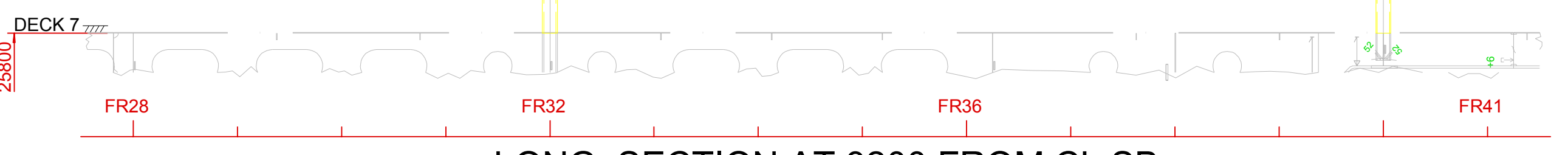
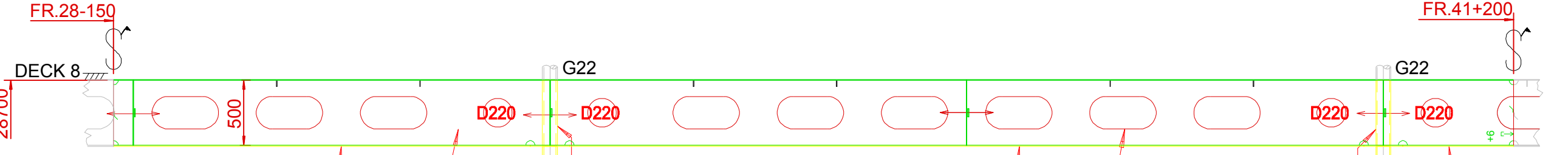
LONG. SECTION AT 2400 FROM CL PS



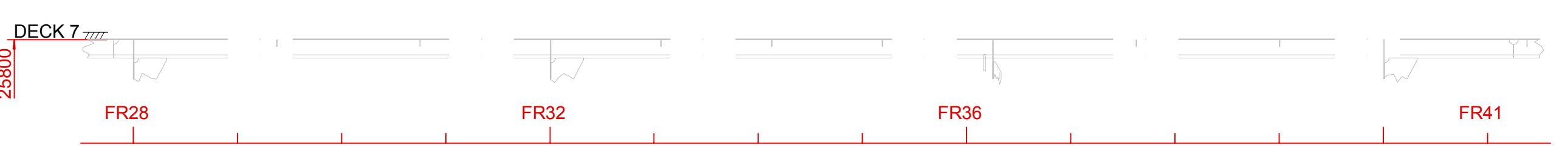
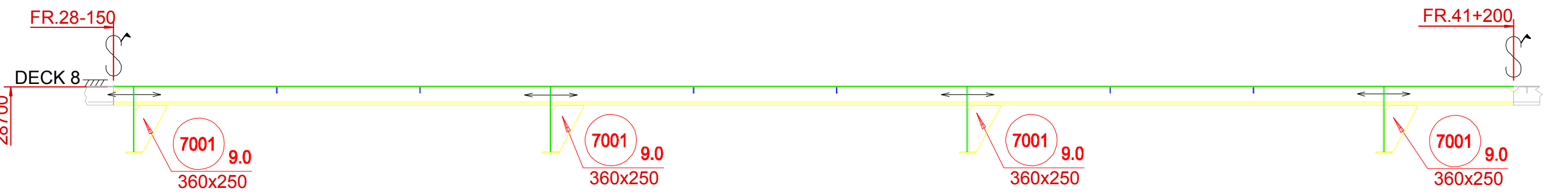
LONG. SECTION AT 2400 FROM CL SB



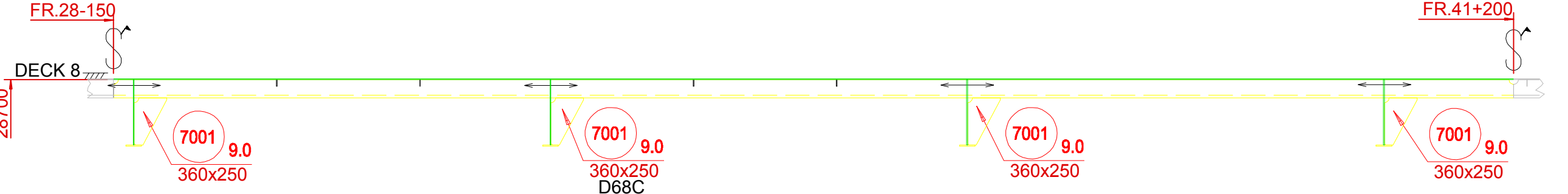
LONG. SECTION AT 3200 FROM CL PS



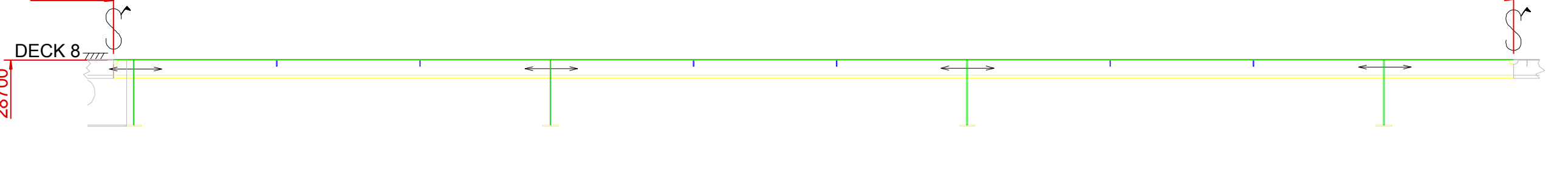
LONG. SECTION AT 3200 FROM CL SB



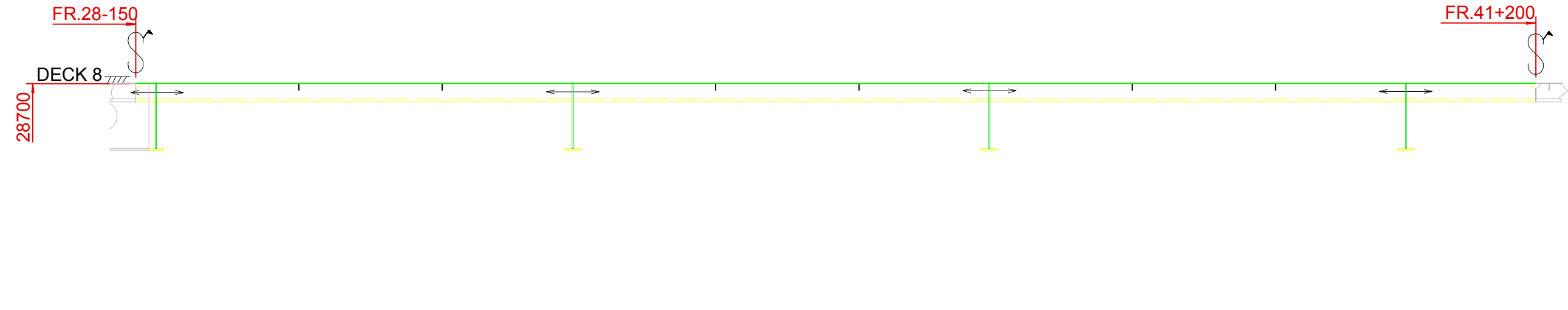
LONG. SECTION AT 4000 FROM CL PS



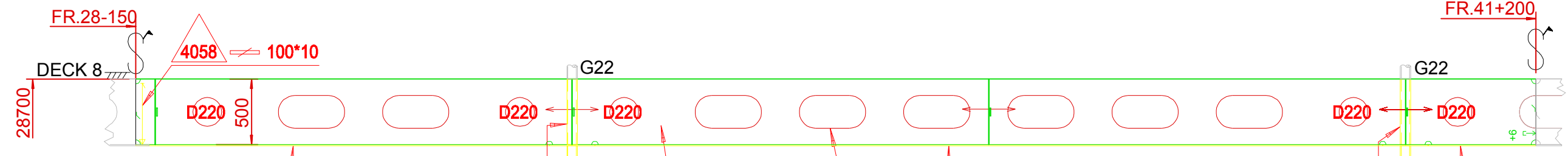
LONG. SECTION AT 4000 FROM CL SB



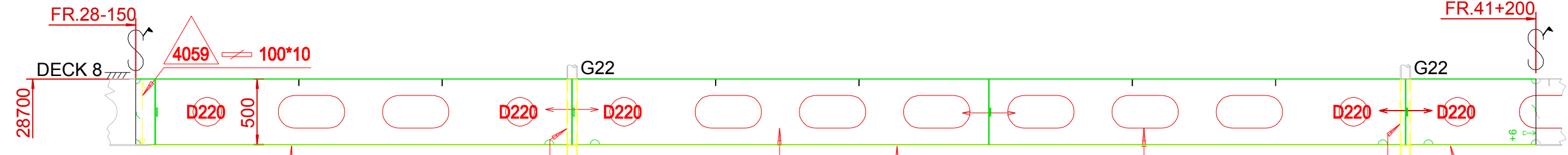
LONG. SECTION AT 4800 FROM CL PS



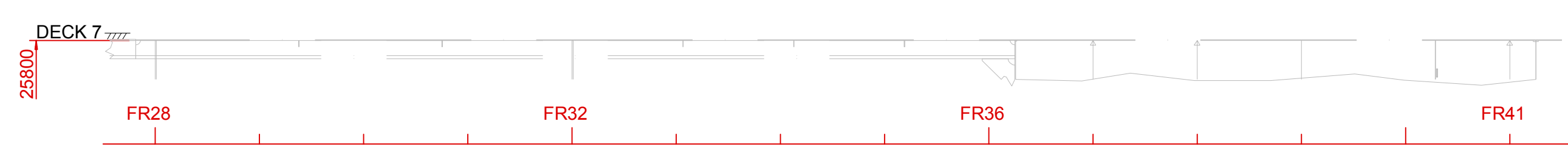
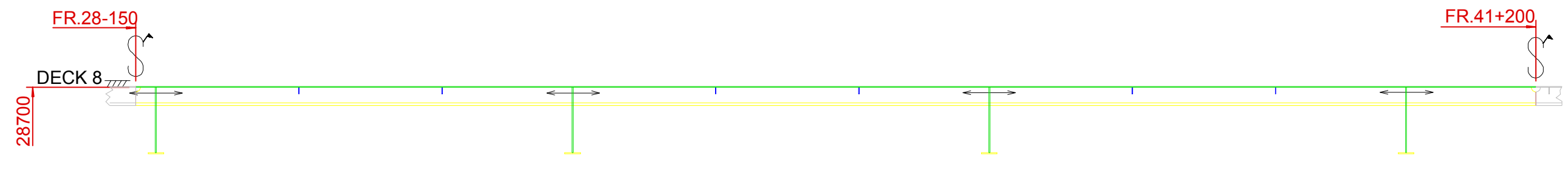
LONG. SECTION AT 4800 FROM CL SB



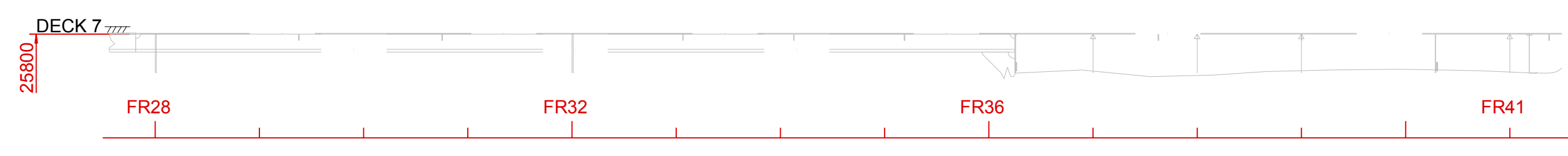
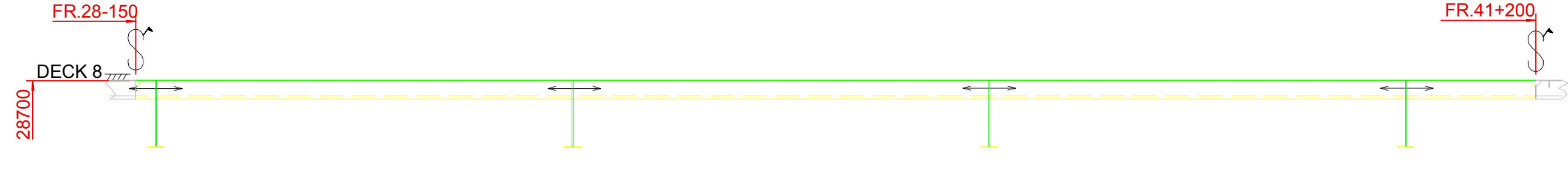
LONG. SECTION AT 5600 FROM CL PS



LONG. SECTION AT 5600 FROM CL SB

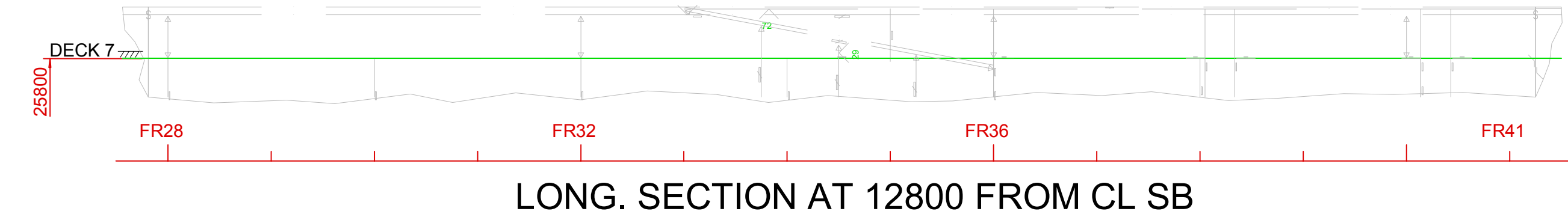
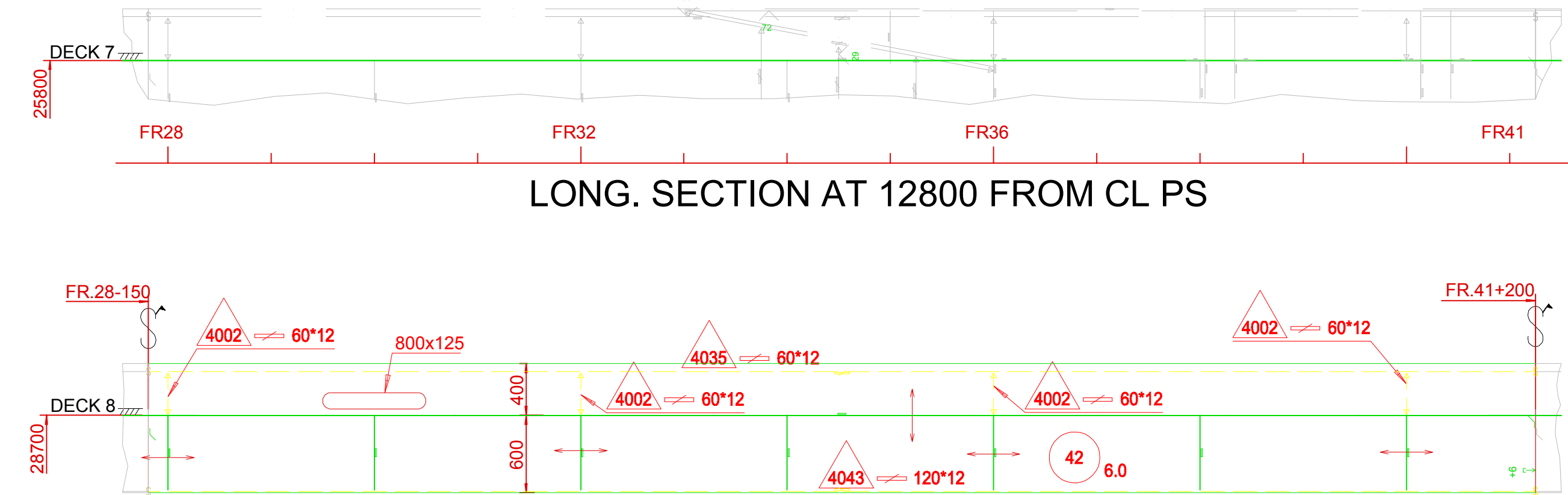
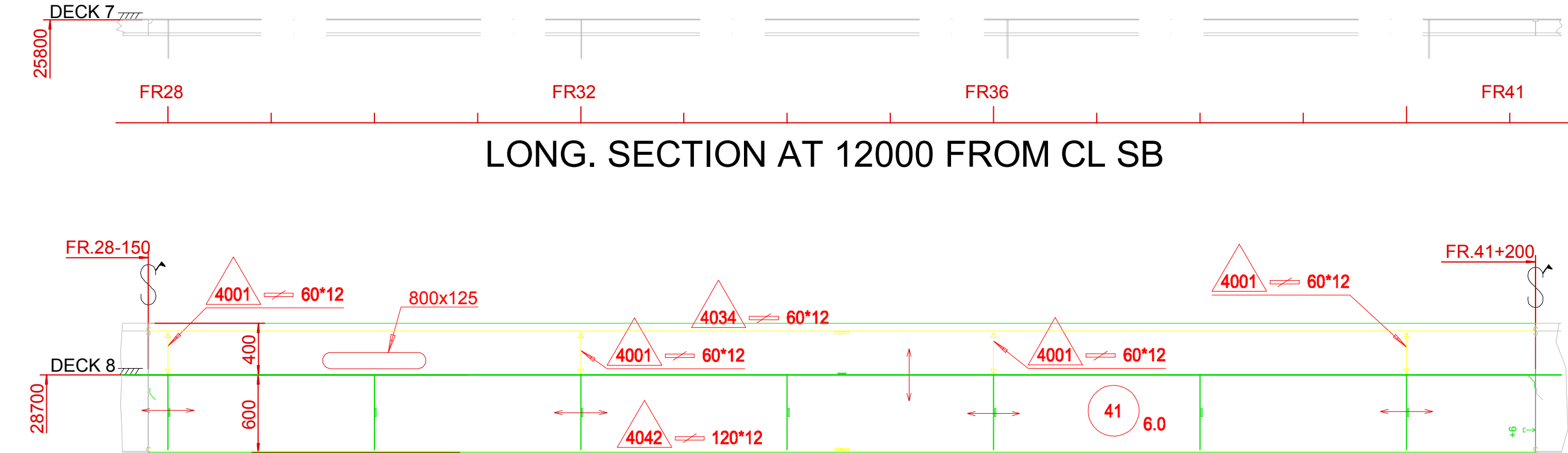
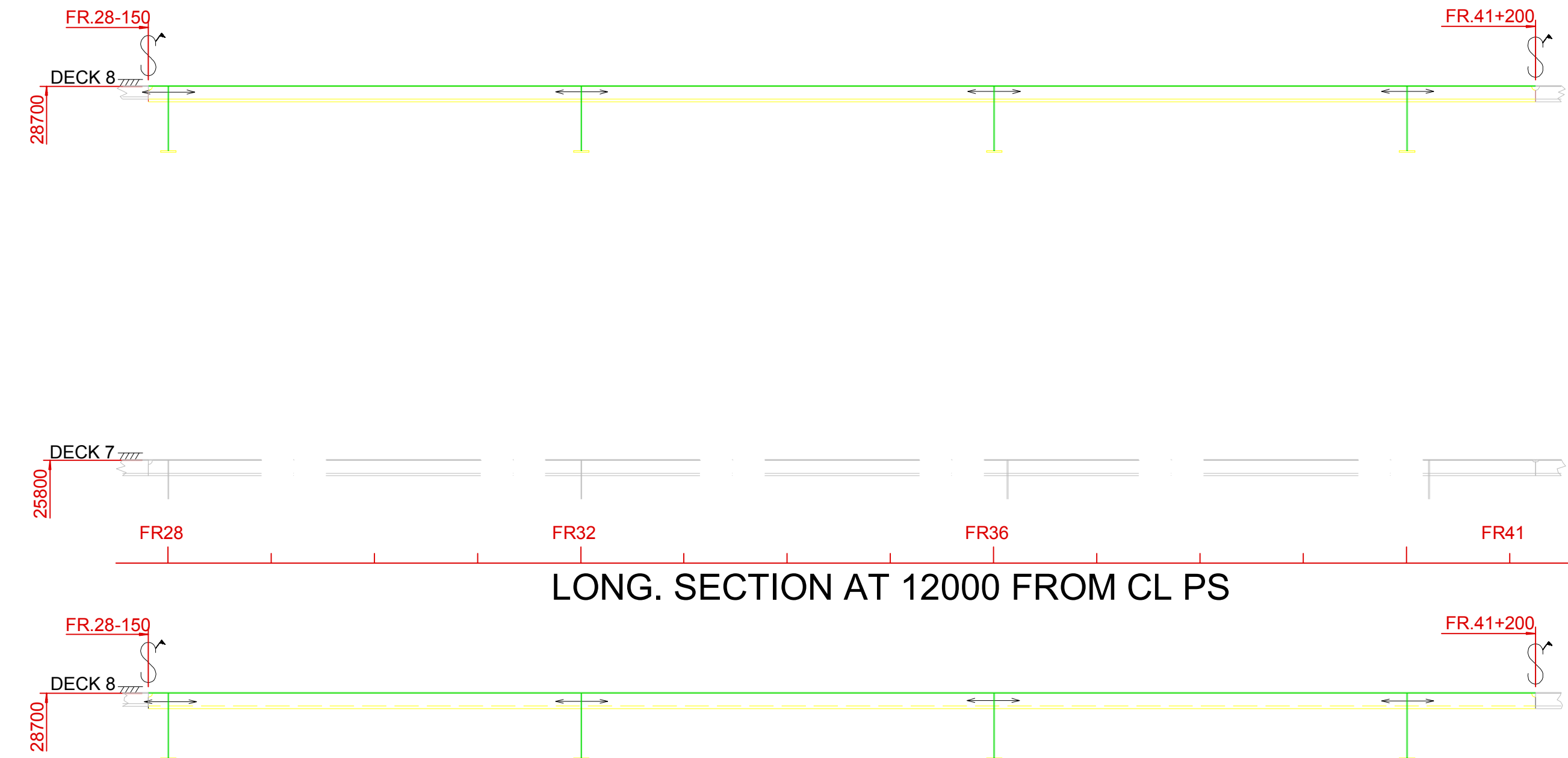
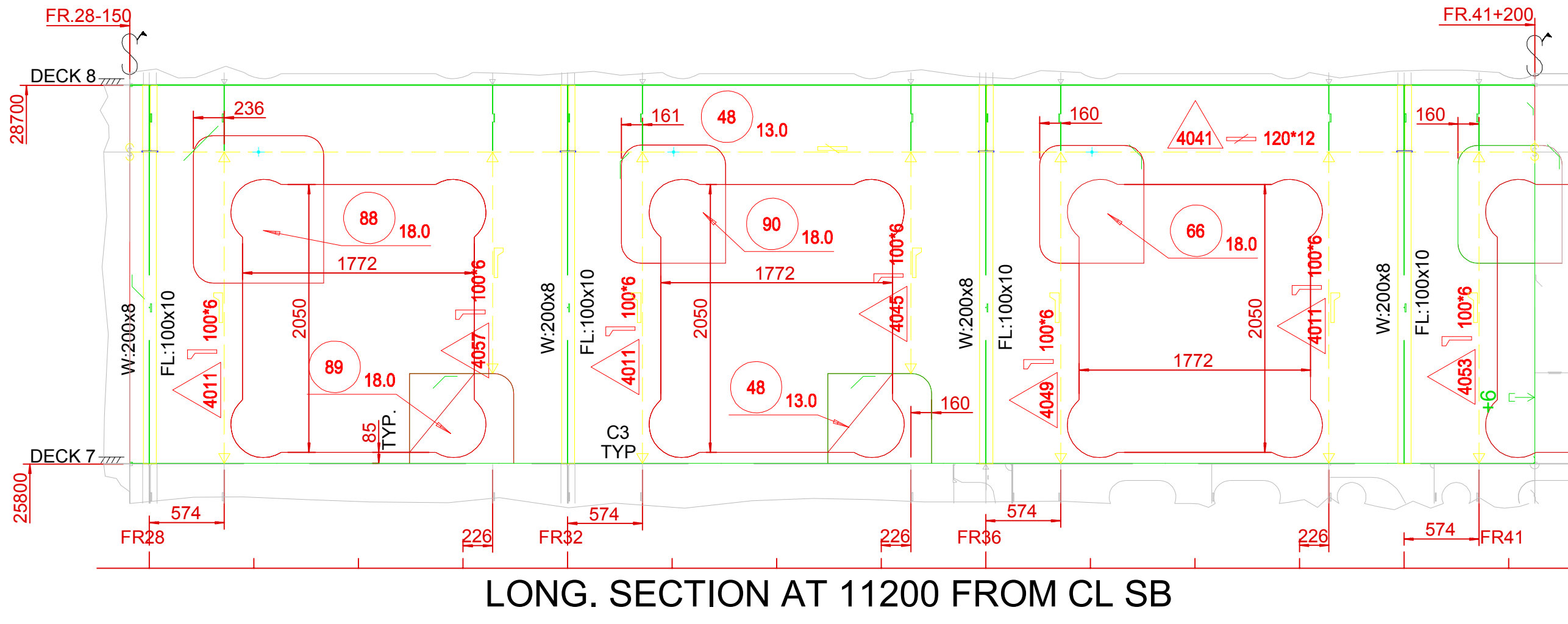
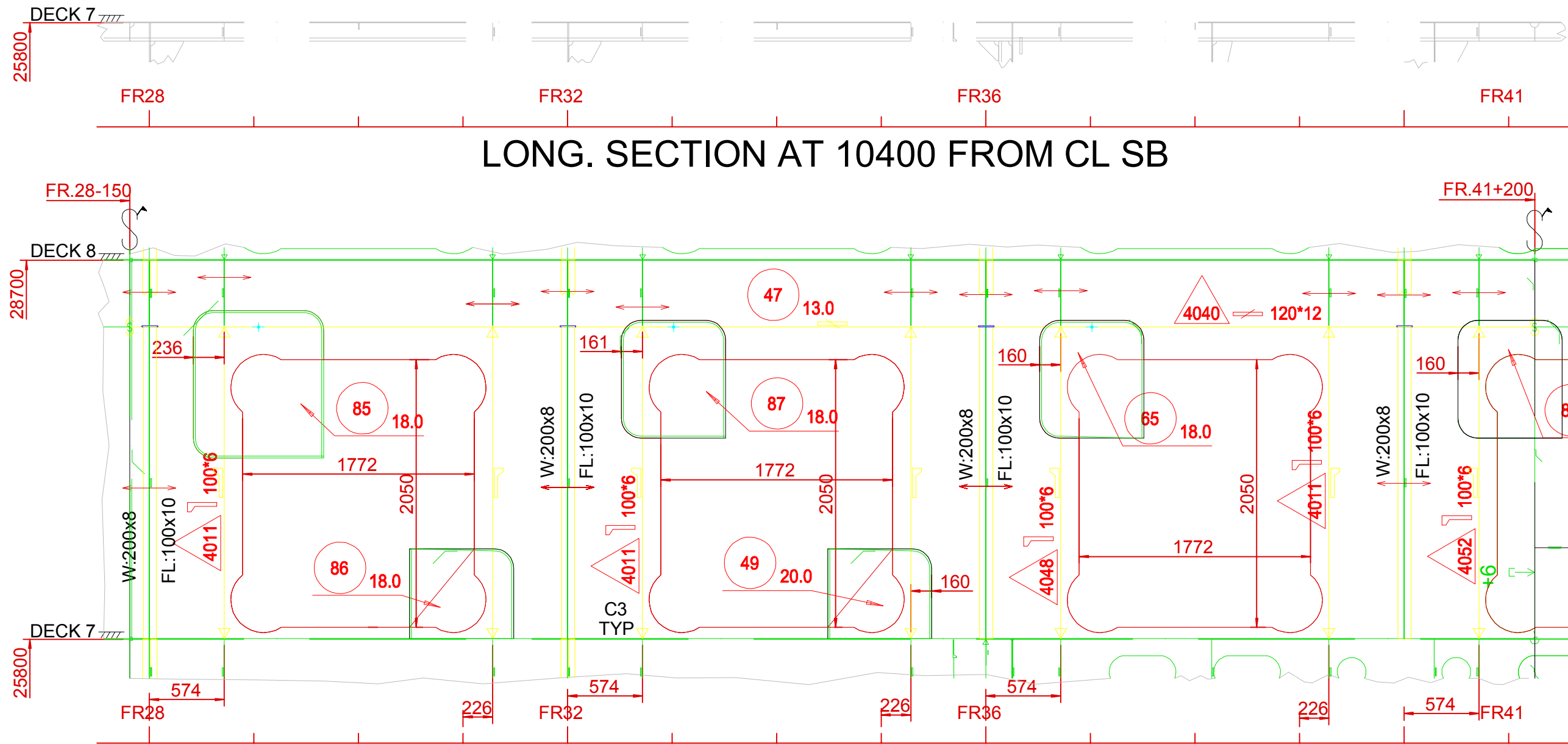
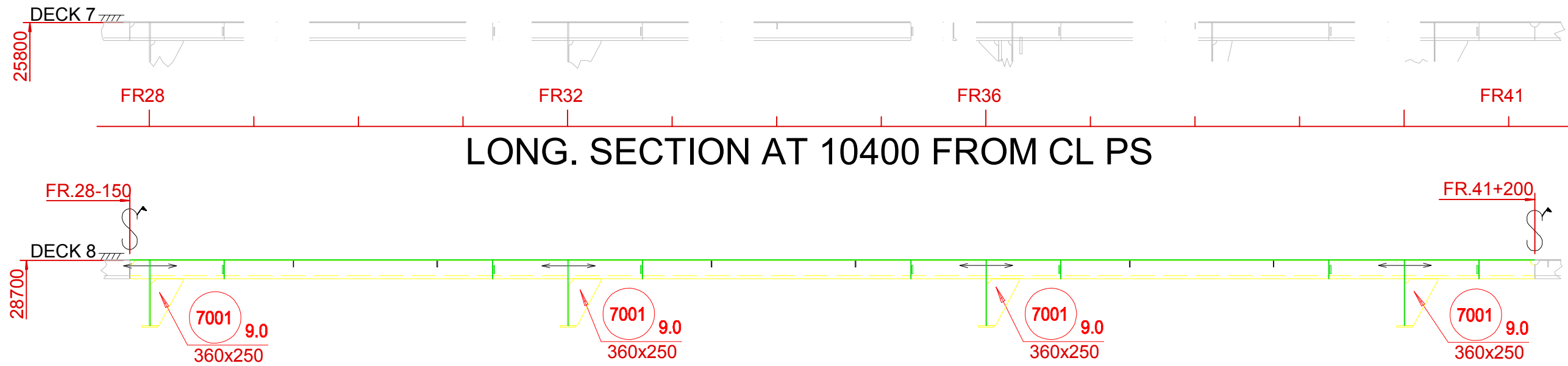
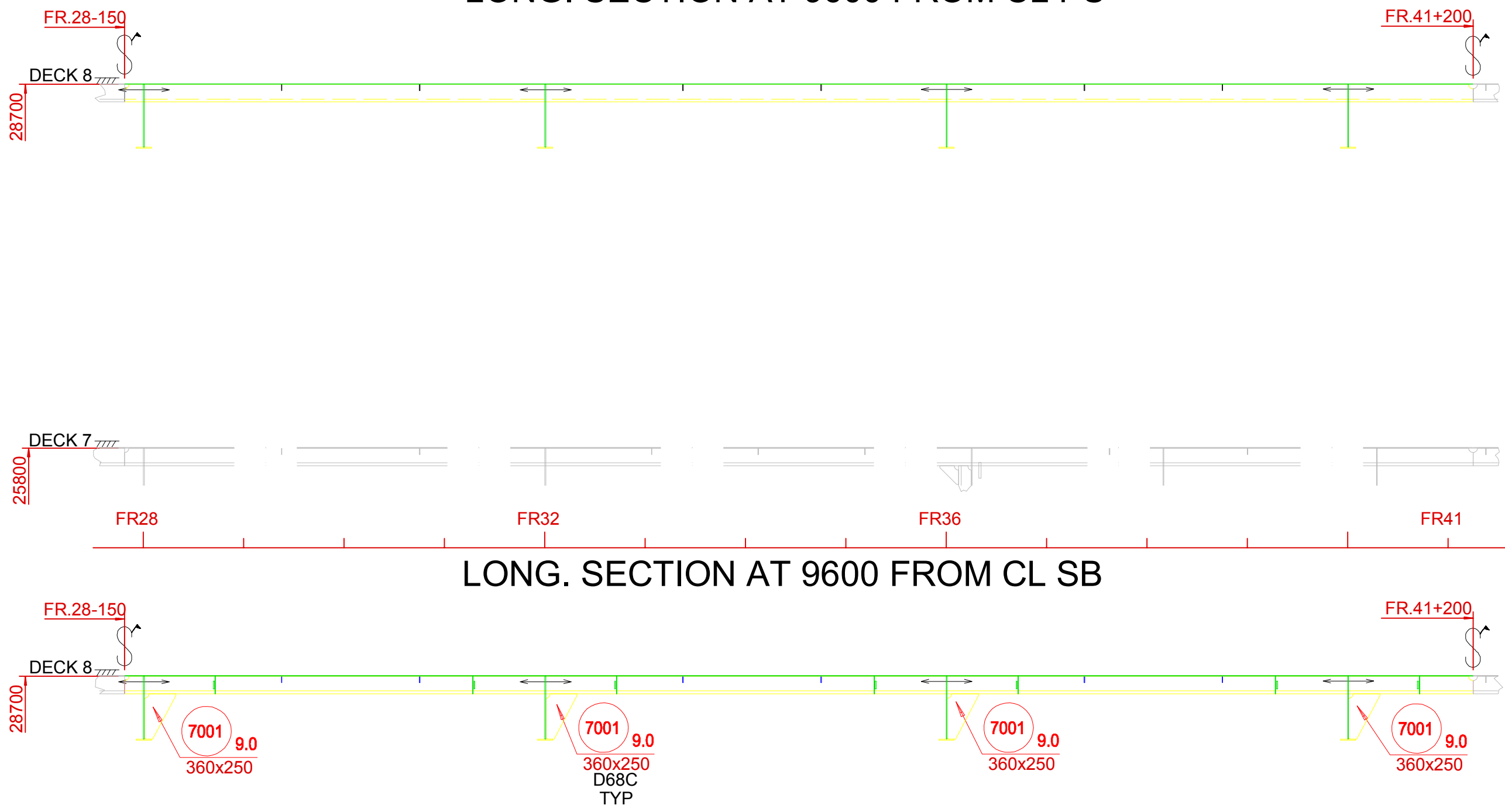
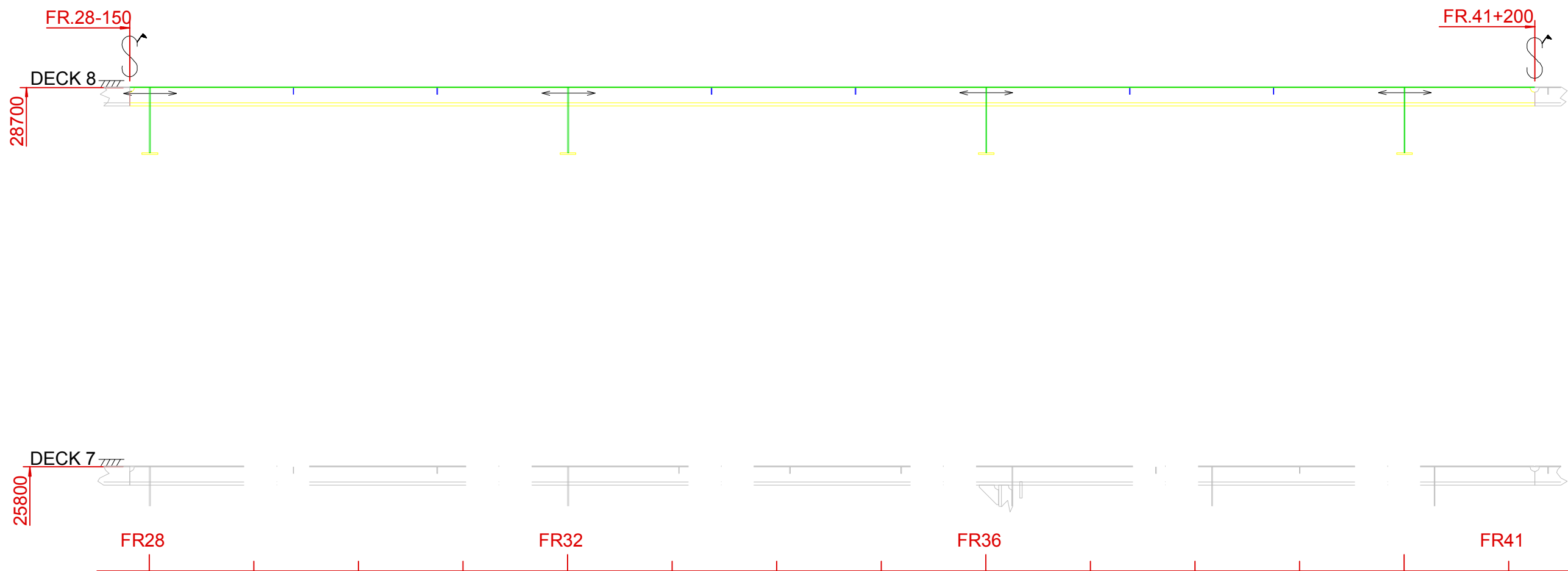
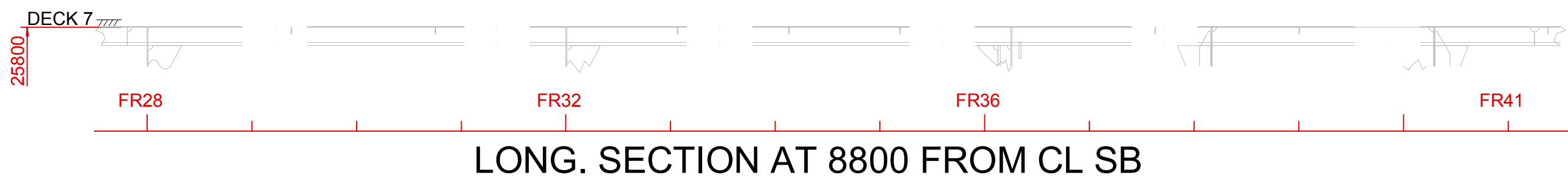
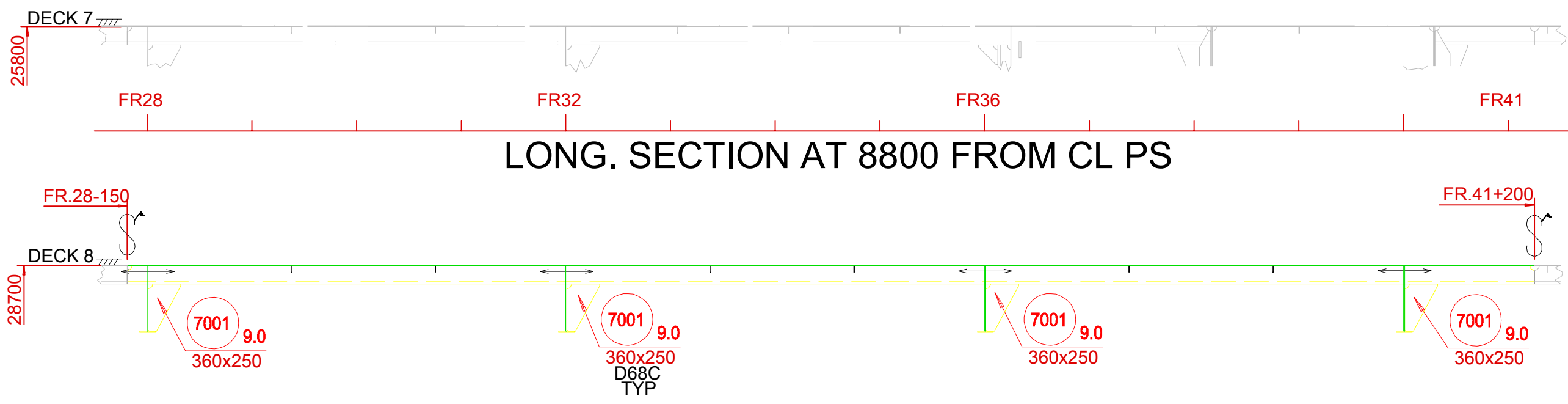
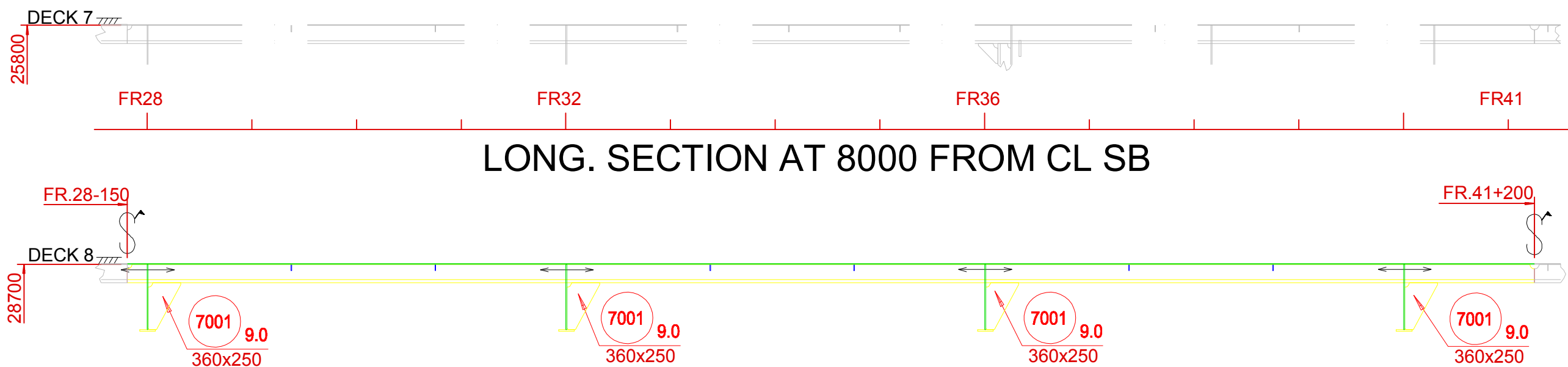
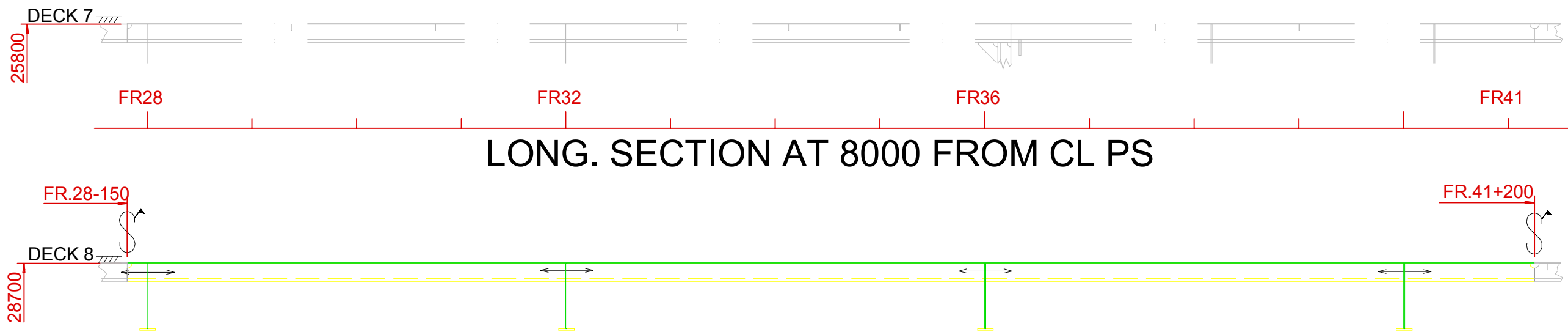
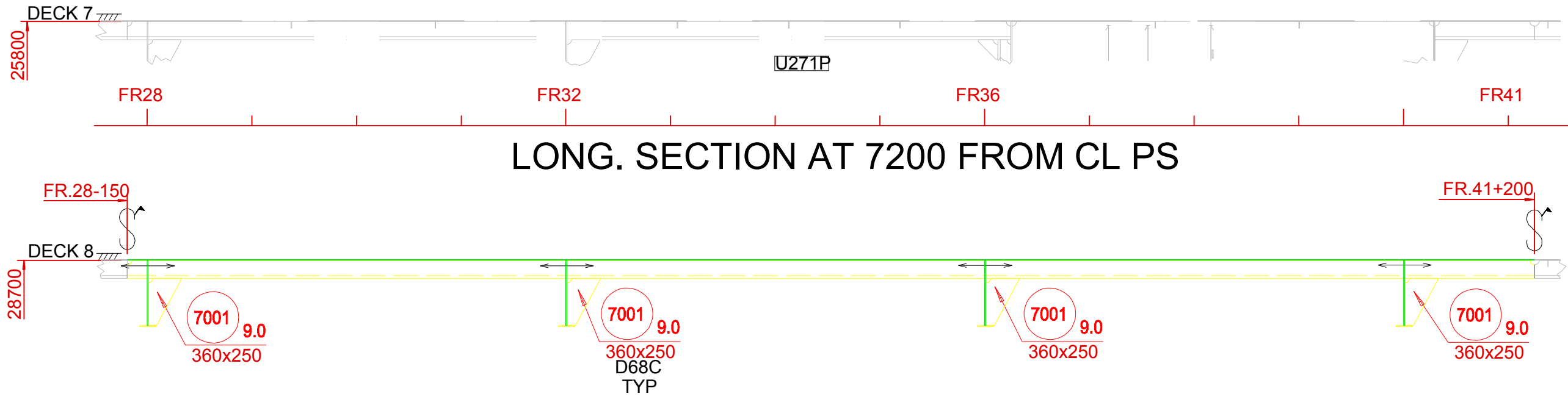
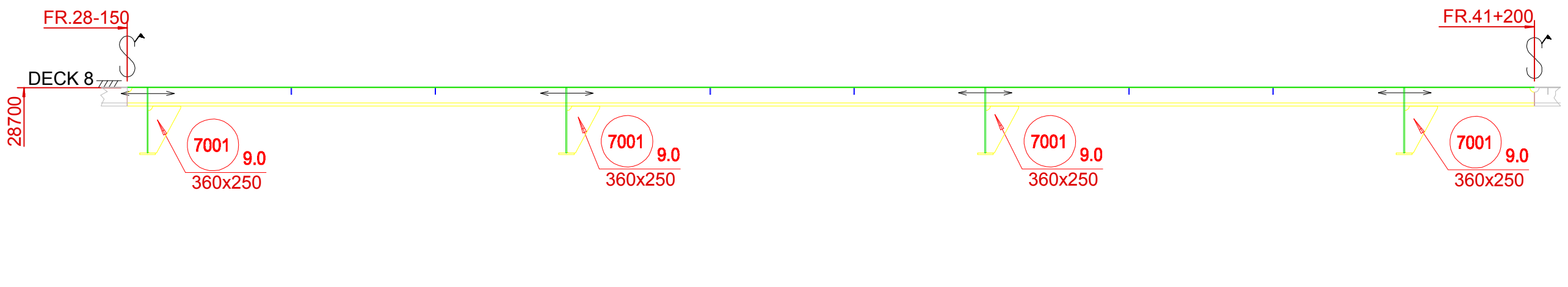


LONG. SECTION AT 6400 FROM CL PS

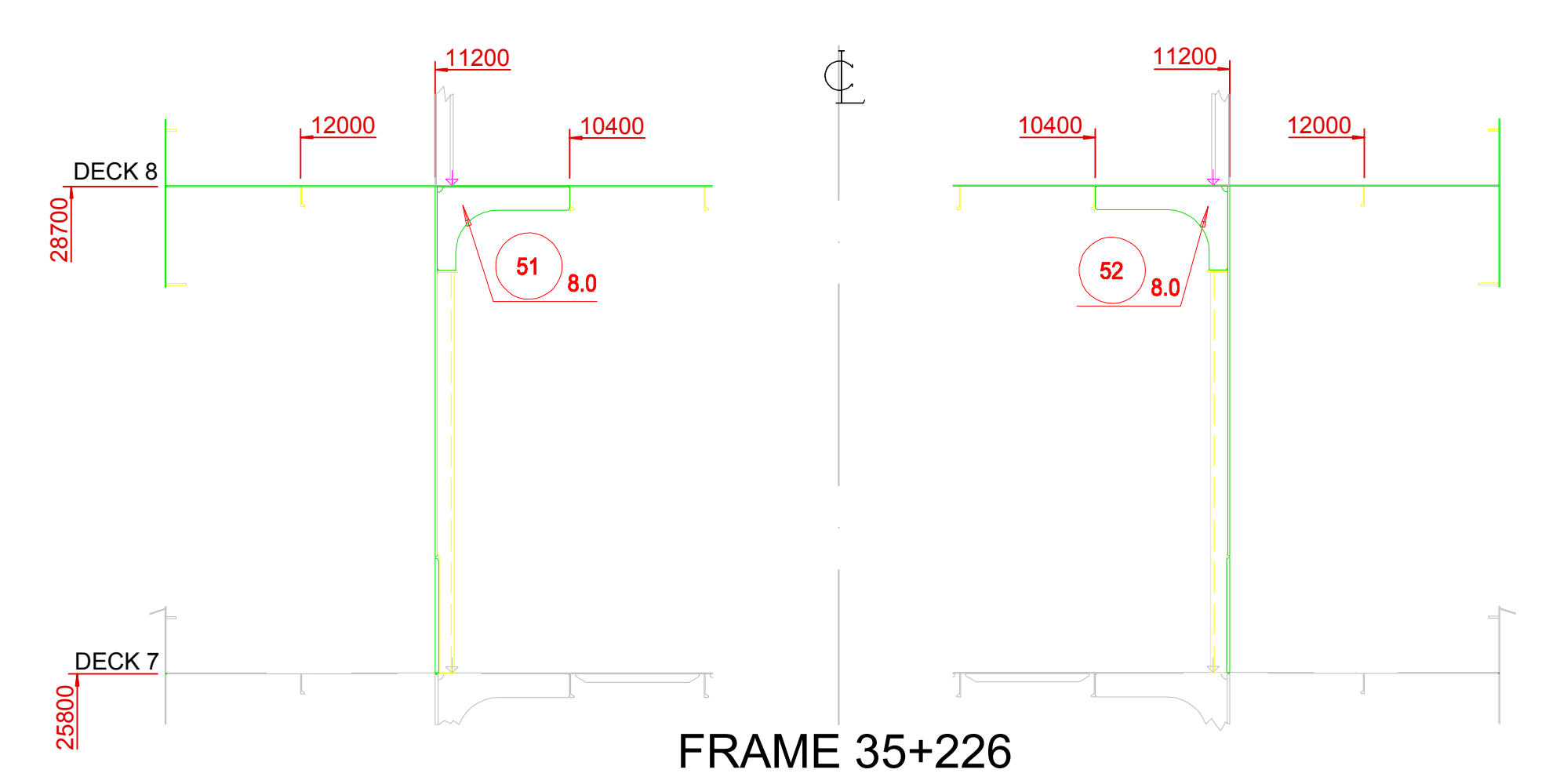
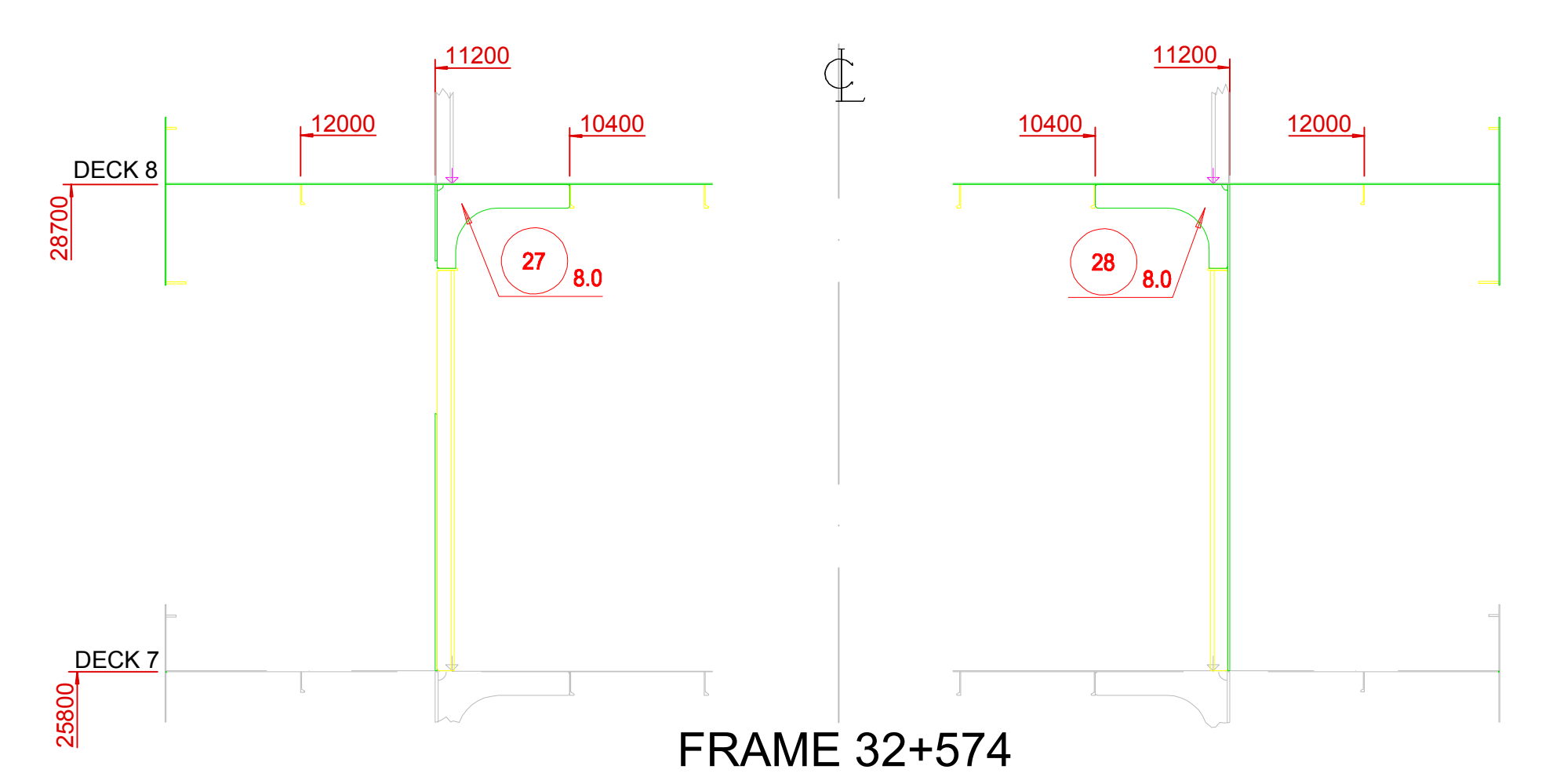
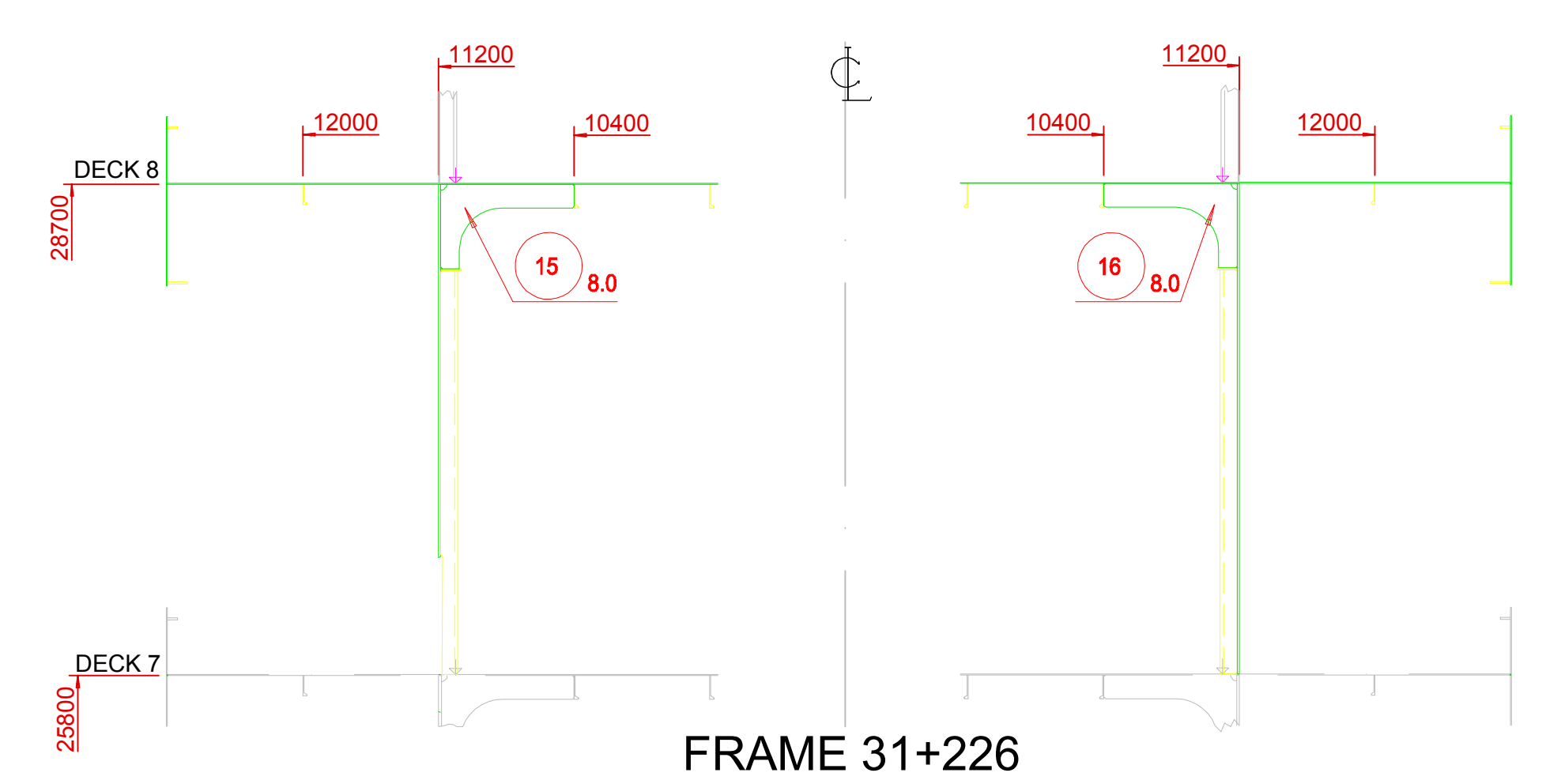
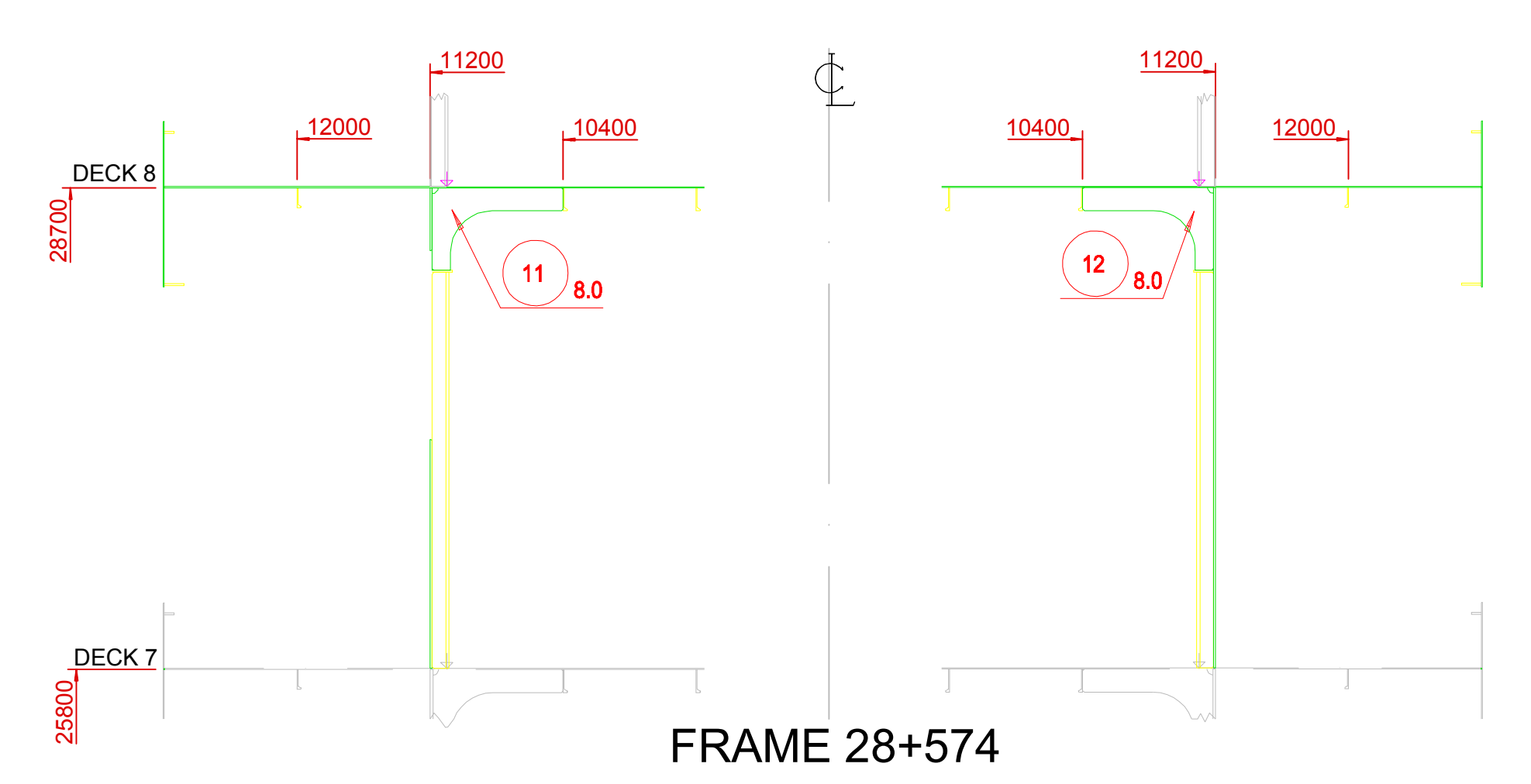
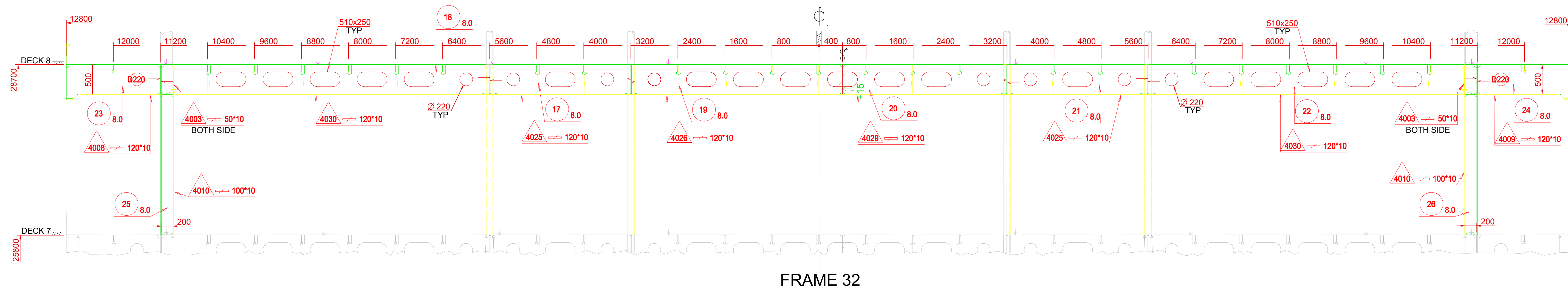
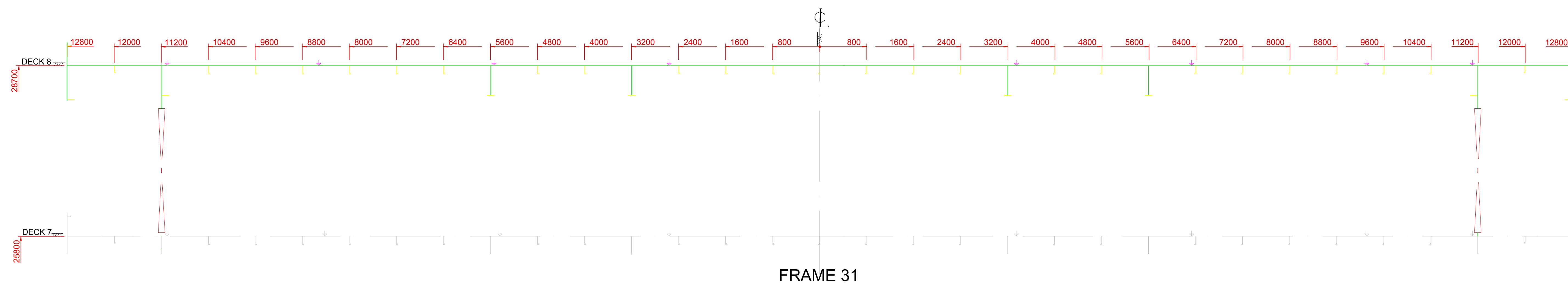
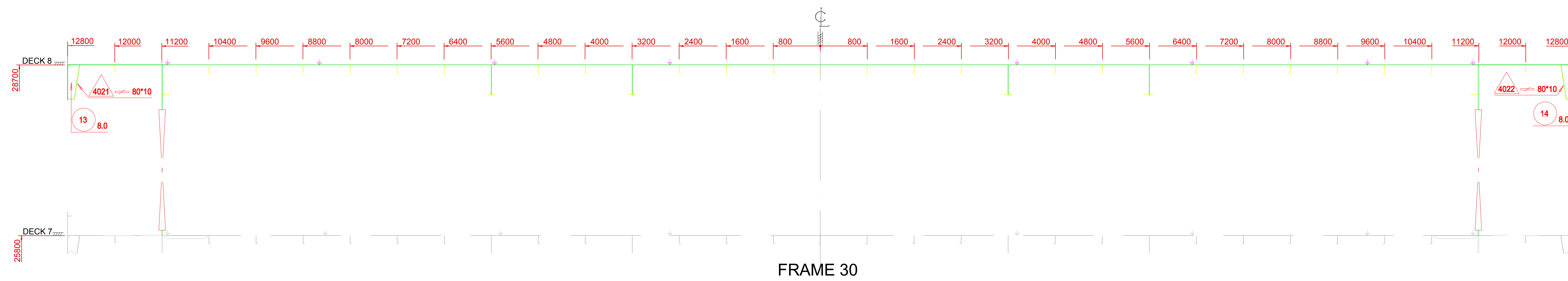
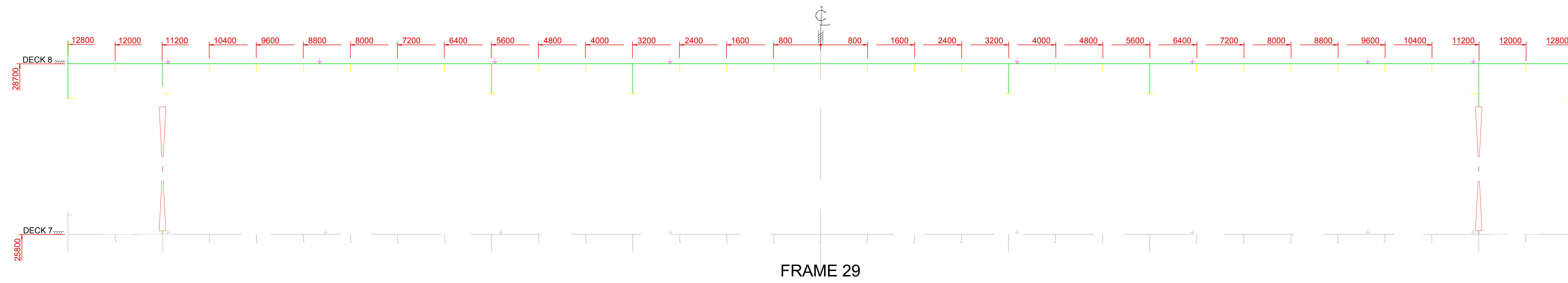
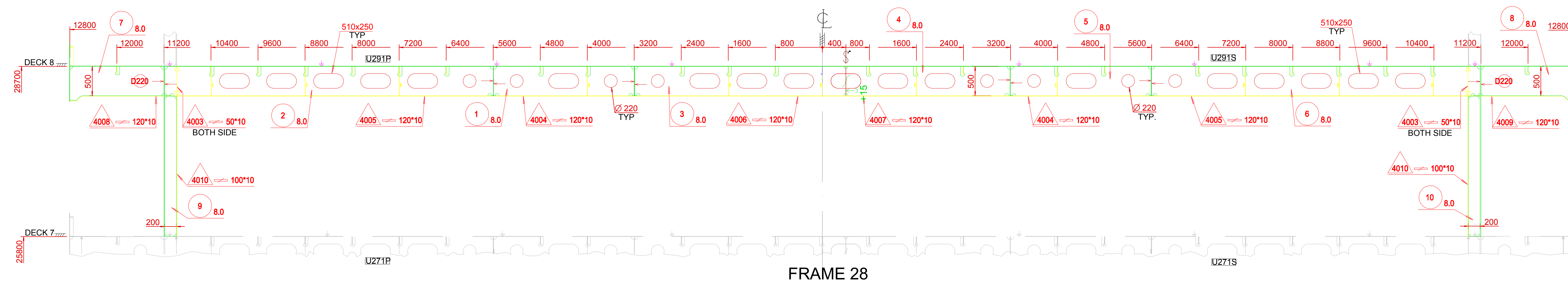


LONG. SECTION AT 6400 FROM CL SB

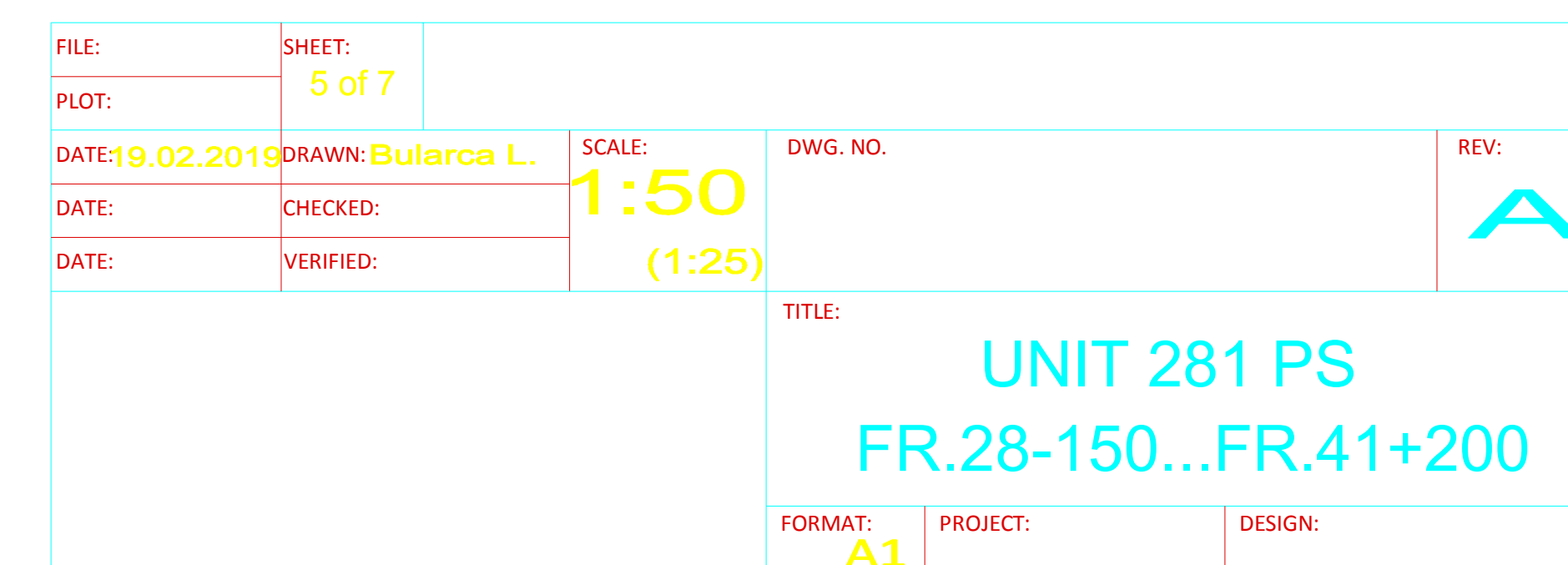
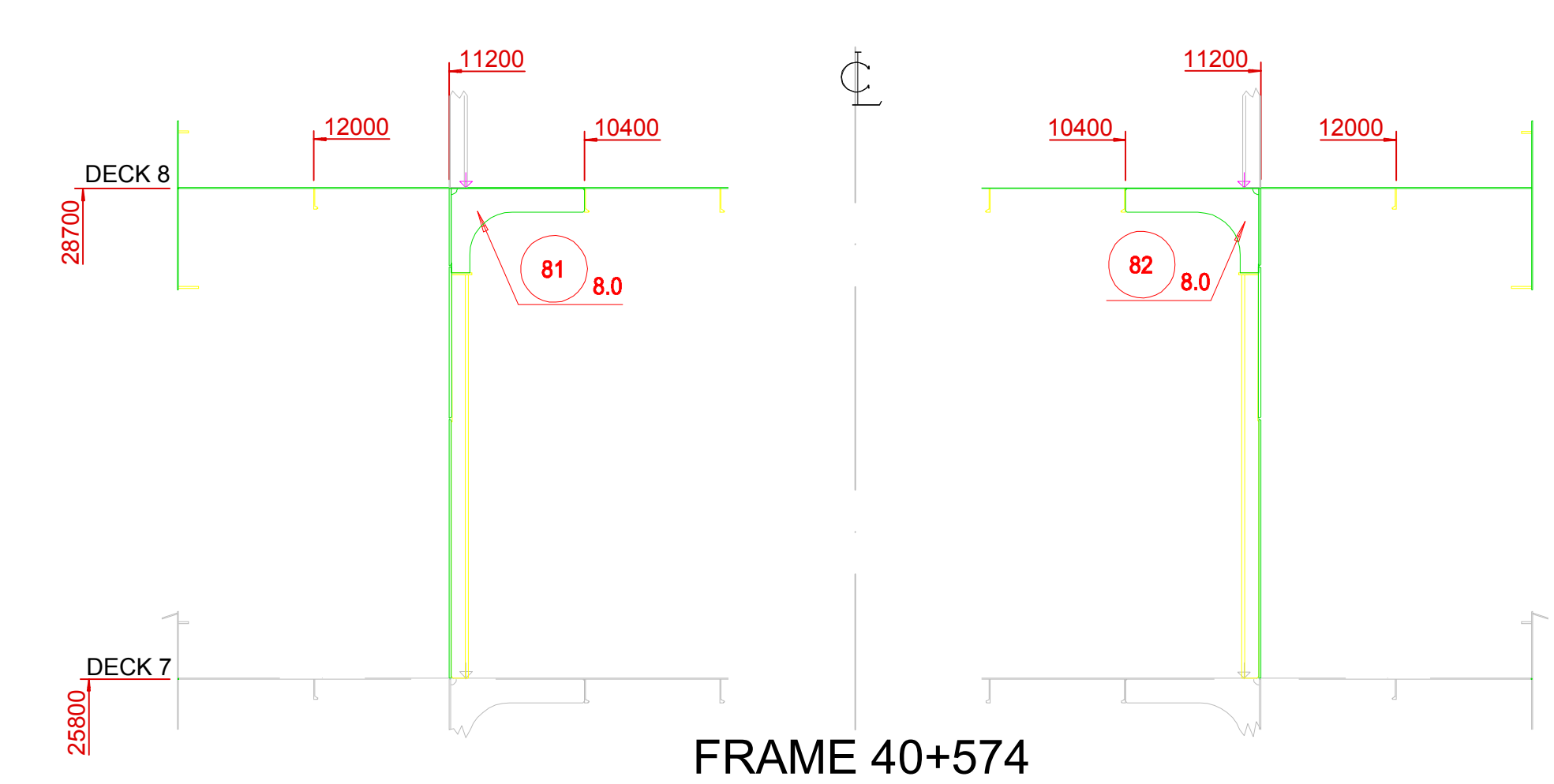
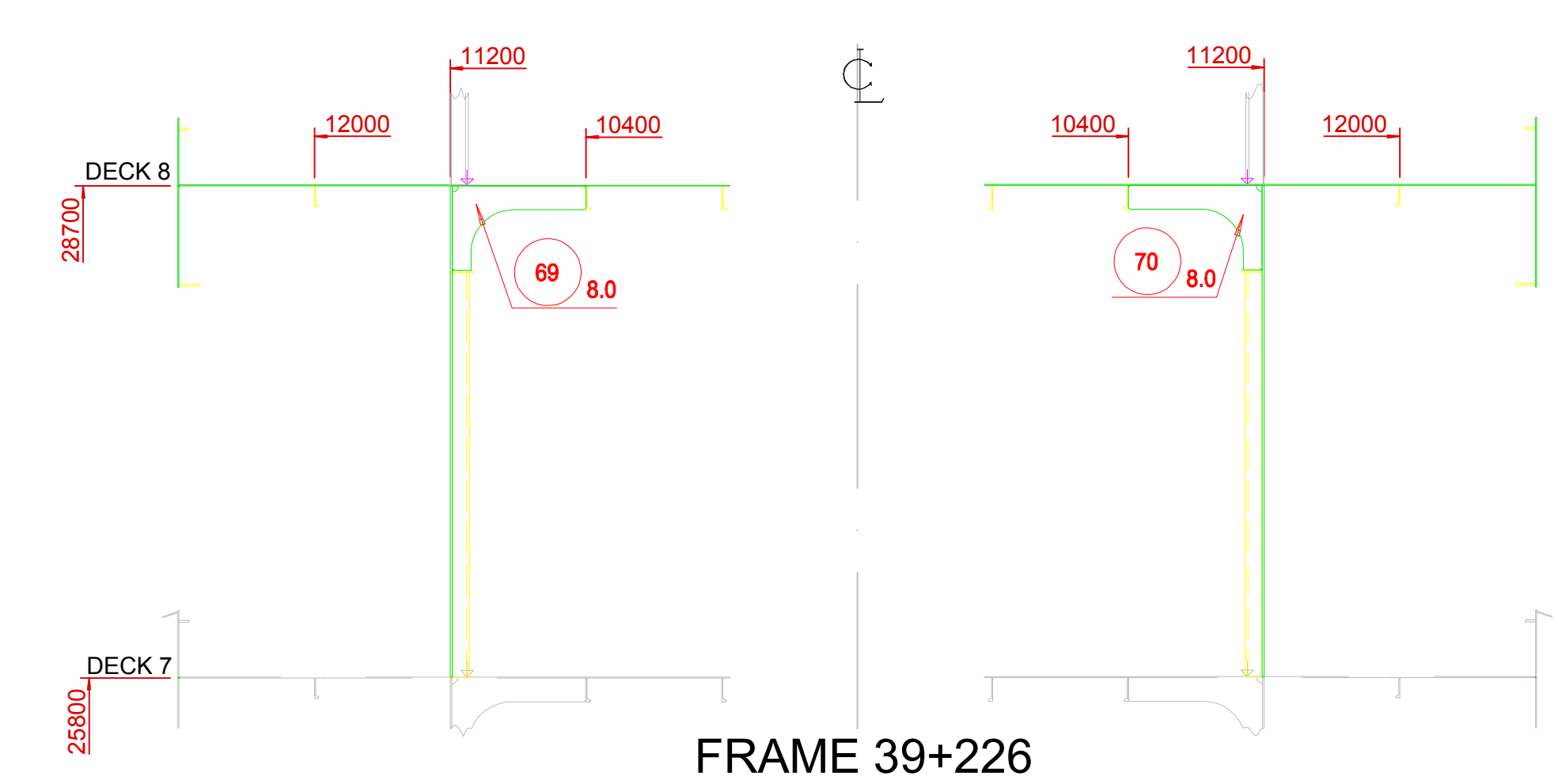
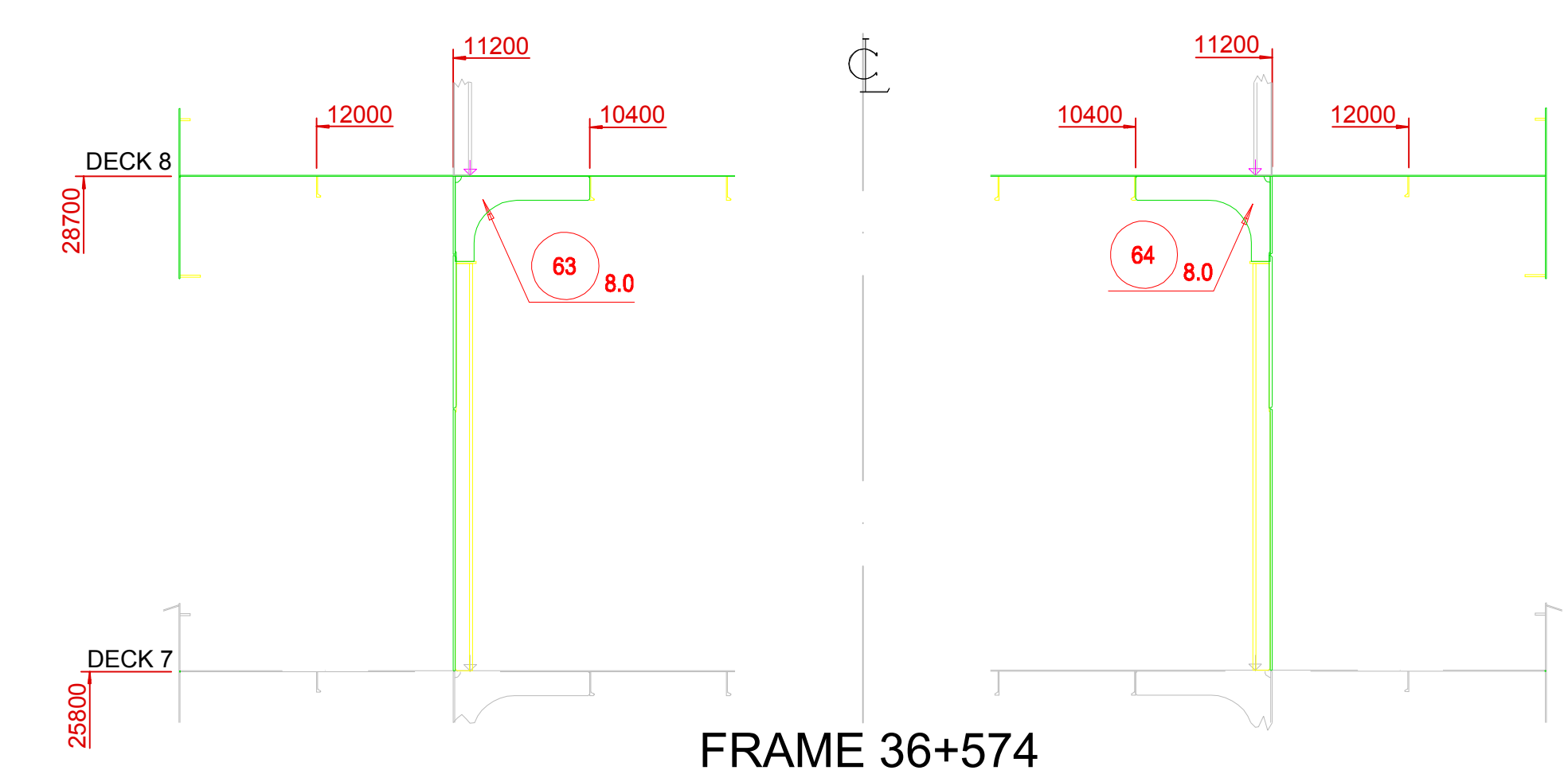
FILE:	SHEET:			DWG. NO.	REV:
PLOT:	2 of 7				
DATE: 9.02.2019	DRAWN: Bularca L.	SCALE:			
DATE:	CHECKED:	1:50			
DATE:	VERIFIED:	(1:25)			
			TITLE:		
			UNIT 281 PS		
			FR.28-150...FR.41+200		
FORMAT: A1		PROJECT:		DESIGN:	

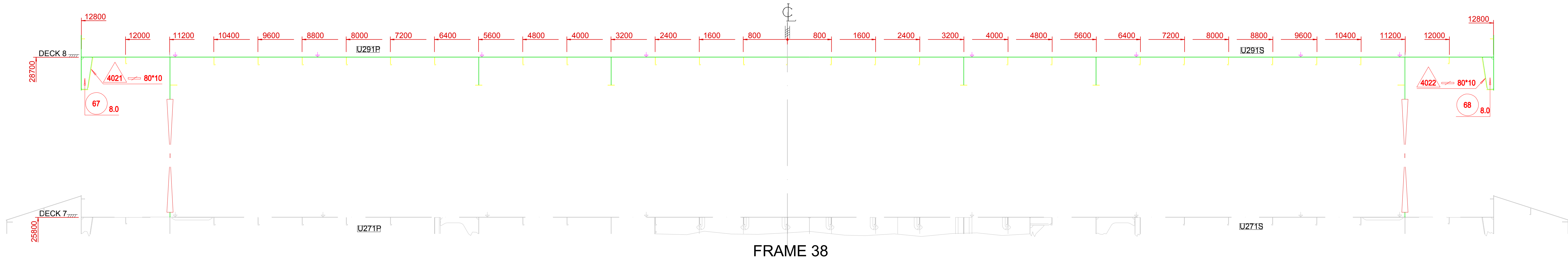


FILE:	SHEET:	DATE:	DRAWN:	SCALE:	DWG. NO.	REV:
PLOT:	3 of 7	9.02.2019	Bularca L.	1:50		
DATE:	CHECKED:			(1:25)		
DATE:	VERIFIED:					
TITLE:						UNIT 281 PS
						FR.28-150...FR.41+200
FORMAT:	PROJECT:	DESIGN:				
A1						

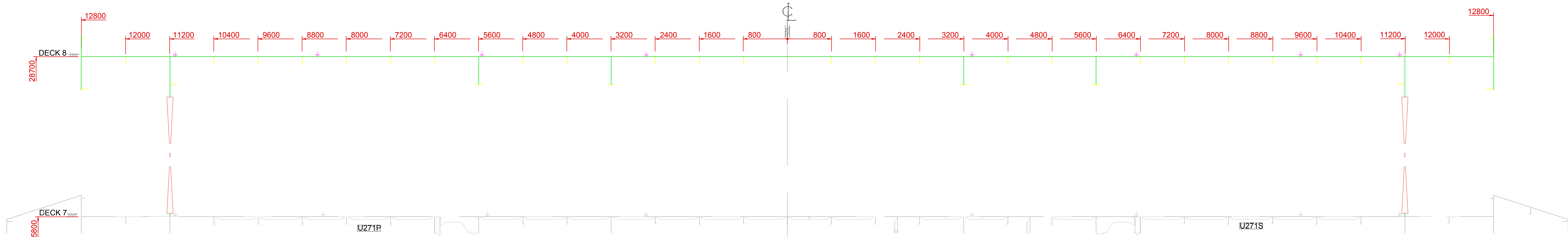


FILE:	SHEET:			
PLOT:	4 of 7			
DATE: 19.02.2019	DRAWN: Bularca L.	SCALE:	DWG. NO.	REV:
DATE:	CHECKED:	1:50 (1:25)		
DATE:	VERIFIED:			
			TITLE:	
			UNIT 281 PS	
			FR.28-150...FR.41+200	
FORMAT: A1			PROJECT:	DESIGN:

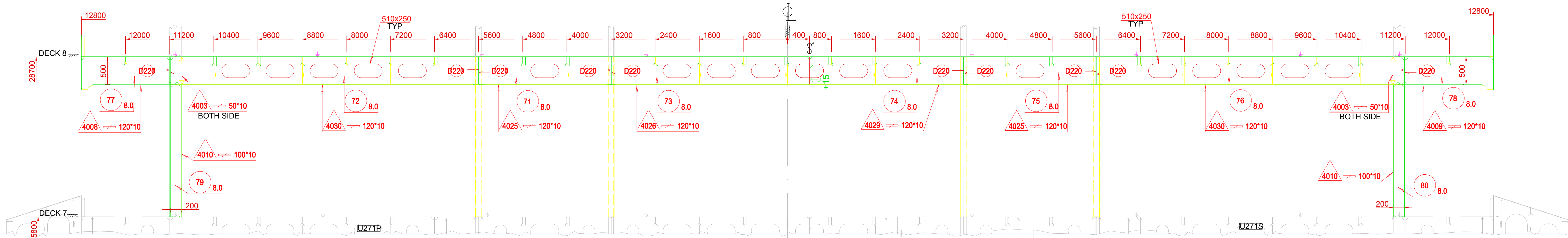




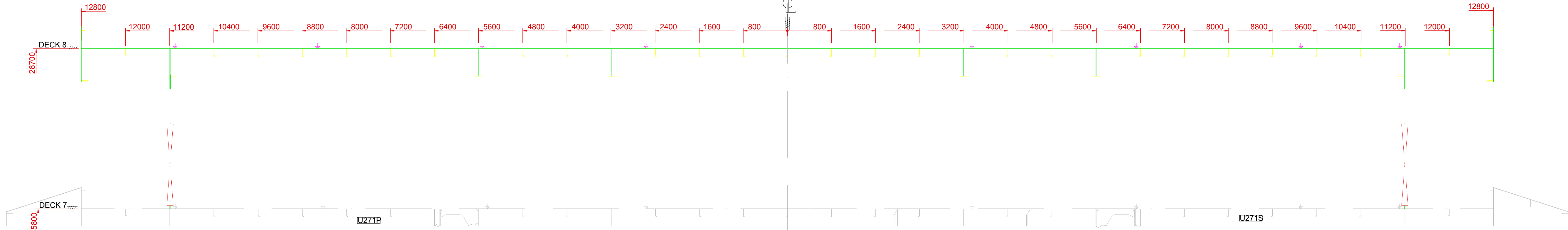
FRAME 38



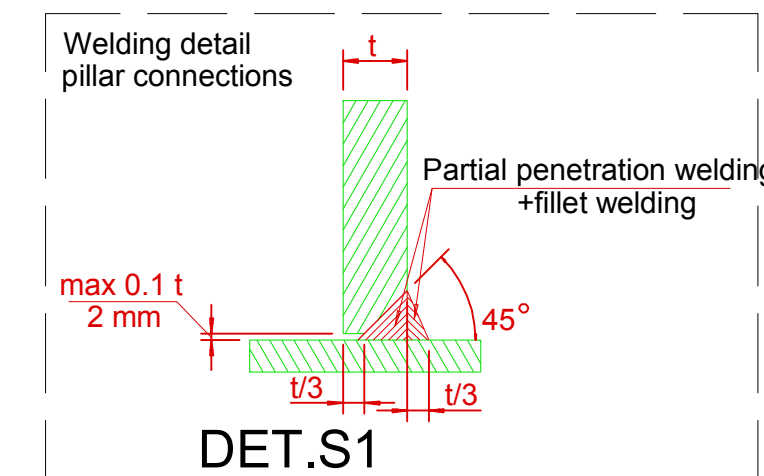
FRAME 39



FRAME 40



FRAME 41



FILE:	SHEET:	DATE:	DRAWN:	SCALE:	DWG. NO.	REV:
PLOT:	6 of 7	19.02.2019	Bularca L.	1:50		
CHECKED:		VERIFIED:		(1:25)		
TITLE:						
UNIT 281 PS						
FR.28-150...FR.41+200						
FORMAT:	PROJECT:	DESIGN:				
A1						

