

FERVOJA SURKONSTRUAJO II.

LA ŜPALOJ

D-RO JOZEFO HALÁSZ

MISKOLC 2024

Antaŭparolo

Estimata leganto

Ĉi tiu verko estis pretigita dum longa tempo. En jaro 2003 mi havis intencon verki fakajn materialojn pri elementoj de la fervoja surkonstruaĵo. Mi pensis iri de malsupro supren, kaj tiel la unua parto temis pri malsupra parto de la surkonstruaĵo, pri la balasto. Tiu kajero aperis en 25 paĝoj da amplekso kun titolo „La balasto” en jaro 2003.

En tiu verko la temo estis pritraktita laŭ teĥnika nivelo de la tiama tempo.

(Ekde 2009 ĝi estas akirebla www.eventoj.hu/ingxenierado/trafiko/fervojo/la_balasto.pdf)

Irante supren, la sekva elemento de la surkonstruaĵo estas la ŝpalo. Post iom da tempo mi komencis verki materialon, temantan pri ŝpaloj. En 2006 estis pretaj la partoj enhavantaj la lignoŝpalojn kaj ferŝpalojn.

Nu, estas unu afero la intenco kaj alia la realigo. Pro diversaj kaŭzoj mi formetis la komencitan verkon, eble mi forgesis ĝin. Antaŭ nelonge la formetita verko trafis en miajn manojn, kaj mi decidis fini ĝin. Dum la pasinta tempo okazis gravaj ŝanĝoj. La aktualeco de iuj aferoj ŝanĝiĝis. La graveco de la lignoŝpaloj forte malpliĝis, ilia uzo perdis sian signifon, ilian rolon preskaŭ sur ĉiu tereno transprenis la betonŝpaloj. La ferŝpaloj tute malaperis.

Tamen mi opinias, estas laŭcele konservi la partojn temantajn pri ili, ĉar la traktata temo nur kun ili povas esti kompleta.

Intertempe mi iĝis pensiulo, kaj mi estis iom pli for de la ĉiutaga praktiko. Tiel por mi estis iom komplika akiri la plej freŝajn fakajn regulojn, preskribojn. Tamen mi klopodis prezenti en mia verko la aktualizaĵojn, kiel la ŝtalŝpalojn, inter ili la ipsilonformajn ŝpalojn, kaj la plastoŝpalojn.

Ĉi tiu skribaĵo enhavas fakan tekston ĉe kiu la celo estis komunikado de preciza teĥnika enhavo. Por laika leganto la teksto povas esti enuiga, seka, kiu ne estas sinlegiga. Ne temas pri belliteraturaĵo. Mi deziras doni iuspecan superrigardon pri la fervojaj ŝpaloj por tiuj fakuloj kiuj okupiĝas pri konstruado kaj bontenado de fervojaj trakoj kaj por ĉiu, kiun interesas ĉi tiu temo. Mi ne kapablis eĉ ne provis klopodi al la tuteco.

Oni ofte demandas uzantojn de la lingvo Esperanto, kiun fakliteraturon ili disponas? Ni fervojistaj esperantistoj havas kaŭzon pri kontenteco ĉar ni havas multe da fakaj materialoj. Grava parto de programo de niaj kongresoj estas la fakprelego, kiu ĝenerale prezentas la fervojajn novaĵojn de la gastiga lando. Tion sekvas kelkaj t.n. mallongaj fakprelegoj, prezentitaj de reprezentantoj de la partoprenaj landoj. La tekstoj de ĉi tiuj fakprelegoj en presita formo aperas en la Fervojfakaj Kajeroj, kiuj estas atingeblaj por la interesiĝantoj.

Fakaj artikoloj aperas en revuoj de la membrolandoj kaj en gazeto de IFEF, en Internacia Fervojisto.

La fakvortaro de UIC – *Railway Dictionary* – enhavas pli ol dekmil fakesprimojn, kiuj kovras la tutan terenon de la fervoja agado. Ankaŭ Esperanto apartenas al 23 lingvoj de la vortaro.

Do, kiu interesiĝas pri la fervoja faktereno tiu abunde povas trovi fakliteraturon.

Tamen tio ne signifas, ke oni ne devas okupiĝi pri la evoluigo kaj plivastigo de ĉi tiu fakliteraturo. La evoluo de la fervoja mondo estas senĉesa procedo, kiu bezonas novajn nociojn, fakesprimojn kaj donas taskojn por la fakuloj.

Mi pensas, kiu praktikas sian fakan laboron per elvokiteco kaj estas engaĝigita adepto de nia lingvo, tiu rigardas grava tasko transdoni kiel eble plej multe el siaj konoj por komunumo de uzantoj de la lingvo Esperanto.

Mi pensas, per ĉi tiu modesta verko ankaŭ mi faras tiel.

Mi esperas, la interesiĝantoj utile povos foliumi ĉi tiun verkon.

Fine mi diras dankon al *Horváth József*, kaj *Kristály Tibor* kiuj tralegis kaj el lingva vidpunkto kontrolis mian verkon. Per siaj rimarkoj kaj utilaj konsiloj ili helpis, ke almenaŭ lingve iĝu pli bona mia verko.

En *Miskolc*, la 12-an de oktobro 2024

La aŭtoro

ENHAVO

Antaŭparolo	3
Enkonduko	9
1. Nocioj	10
2. La graveco de la ŝpaloj	10
2,1 La taskoj de la ŝpaloj	10
2,2 Specoj de la ŝpaloj	10
3. La materialo de la ŝpaloj	10
4. Lignoŝpaloj	11
4,1 La produktado kaj impregnado de la lignoŝpaloj	11
4,11 Simpla metodo de Rüping	13
4,12 Duobla metodo de Rüping	14
4,13 Metodo de Bethel	14
4,14 Kompletaj impregnadmetodo	14
4,15 Deponado de la lignoŝpaloj	14
4,2 Grupigo de la lignoŝpaloj	15
4,21 Grupigo laŭ kverprofilaj formoj	15
4,22 Grupigo laŭ longo	15
4,3 Gluitaj lignoŝpaloj	16
4,4 Ekzameno de la lignoŝpaloj	16
4,5 Difektiĝoj kaj riparado de la lignoŝpaloj	16
4,51 Difektiĝoj de la lignoŝpaloj	16
4,52 Riparado de la lignoŝpaloj	17
4,6 Ŝpalŝanĝado	18
4,61 Ŝpalŝanĝado per homa forto	18
4,62 Maŝina ŝpalŝanĝado	19
4,7 Resumo	21
5 Ferŝpaloj	21
6. Armitaj betonŝpaloj (mallonge betonŝpaloj)	23
6,1 Komparoj	27
6,2 Klasifiko de la armitaj betonŝpaloj	27
6,21 Karaktero de la subrela apogo	27
6,22 Karaktero de la uzanta fervojo	28
6,23 Ŝpuro	28
6,24 Strukturo de la relvojo	28
6,25 Streĉostato de la betono	28

6,26	Tipoj de elementoj enkonstruitaj en la betonon por fiksi la relojn.....	28
6,27	Kliniĝo de la subrela surfaco.....	28
6,3	Tipoj de la armitaj betonŝpaloj.....	29
6,31	Jam ne uzataj armitaj betonŝpaloj en Hungario	29
6,3101	„C” kaj „E” - tipaj betonŝpaloj.....	29
6,3102	„B” - tipa betonŝpalo	29
6,3103	„U”- tipa betonŝpalo.....	29
6,3105	„T” kaj „H” – tipaj betonŝpaloj.....	31
6,3106	„TU” kaj „TSZ”- tipaj betonŝpaloj.....	32
6,3107	„L”- tipa betonŝpalo	32
6,3108	„LE”- tipa betonŝpalo.....	32
6,3109	„LX”- tipa betonŝpalo	32
6,3110	„TX”- tipa betonŝpalo	33
6,3111	„LG”- tipa betonŝpalo	33
6,3112	„LK”- tipa betonŝpalo	33
6,32	Uzataj armitaj betonŝpaloj de kutimaj trakoj en Hungario.....	33
6,321	„LM”- tipa betonŝpalo.....	33
6,322	„LI”- tipa betonŝpalo	33
6,323	„LW”- tipa betonŝpalo	34
6,324	„TM-54”, „TM-48” kaj „TF”- tipaj betonŝpaloj	34
6,33	Uzataj specialaj armitaj betonŝpaloj de kutimaj trakoj	35
6,331	„LSZ”- tipa betonŝpalo.....	35
6,332	„FV”- tipa betonŝpalo.....	35
6,333	„LT”. „LT-1”, „LT-2”, „LT-3”- tipaj betonŝpaloj.....	35
6,34	Betonŝpaloj de trakforkoj	36
6,35	Transiraj betonŝpaloj	38
6,351	Betonŝpalo (horizontala) sen relkliniĝo	38
6,352	Betonŝpaloj servantaj transiron de la relkliniĝo	38
6,353	Mallongigitaj betonŝpaloj.....	38
6,354	Traklarĝigo	39
6,36	Eksterlandaj betonŝpaloj	40
6,361	La germana B 70 - tipa betonŝpalo.....	40
6,362	La angla F 40 - tipa betonŝpalo	41
6,363	La aŭstra latisa betonŝpalo.	43
6,364	La germana larĝa betonŝpalo.....	44
6,365	Dublokaj betonŝpaloj de la Francaj Fervojoj	45
6,4	Produktado de la betonŝpaloj (Laŭ Beluzsár János).....	46

6,41	Tehnologio de blokfaranta maŝino	47
6,42	Transportĉena – maŝingrupa sistemo	47
6,421	Molferaj produktolinioj	48
6,422	Transportĉena – maŝingrupa teknologio por betonŝpaloj de adhera armaturo... ..	48
6,43	Transportĉena – maŝingrupa teknologio por betonŝpaloj ankritaj ĉe fino	49
6,45	Sistemo de statika plurkanala longa benko	51
6,46	Sistemo de plurkanala longa benko kun movebla ŝelaĵo.....	52
6,47	La skandinav-tipa plurkanala sistemo	52
6,5	Riparo de la betonŝpaloj	53
6,51	Entrakaj riparaj metodoj sen ŝanĝo de la refliksaĵaj enmetaĵoj.....	54
6,511	Procedo Traversan.....	54
6,512	Procedo Vortok	54
6,513	Procedo RS	54
6,514	Procedo SIDER	56
6,52	Entrakaj riparaj metodoj kun ŝanĝo de la enmetaĵoj	56
6,521	Entraka ŝanĝo de ligna enmetaĵo havanta formon de stumpa piramido.....	56
6,522	Riparo de betonŝpaloj per enbetonado de helichavaj plastaj enmetaĵoj.....	56
6,523	Ŝanĝo de ligna enmetaĵo kun formo de stumpa piramido al triparta plasta enmetaĵo kun formo de stumpa piramido	56
6,524	Ŝanĝo de ligna enmetaĵo kun formo de stumpa piramido al duparta plasta enmetaĵo kun formo de stumpa piramido.....	57
6,525	Ŝanĝo de ondumitaj lignaj enmetaĵoj	58
6,526	Riparo de refliksado per apliko de helichavaj plastaj enmetaĵoj.....	59
6,527	Riparo de betonŝpaloj havantaj plastajn enmetaĵojn	59
6,53	Ekzameno de ŝpalŝraŭboj de la riparitaj betonŝpaloj el vidpunkto de eltira forto ...	60
6,54	Resumo pri riparo de betonŝpaloj.....	60
6,6	Mezurkalkulado de la betonŝpaloj.....	61
6,61	Metodo de <i>Zimmermann</i>	63
6,611	Streĉoj estiĝantaj en la subrela kversekco	66
6,612	Mezurdonaj momantoj en meza kversekco de la betonŝpalo	67
6,62	Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ preskriboj de AREA en Usono	68
6,63	Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ rekomendo de ORE D 171.....	68
6,64	Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ rekomendo de UIC 713.....	70
6,65	Cifera ekzemplo	72
6,651	Kalkulo laŭ metodo de <i>Zimmermann</i>	72
6,6511	Ekzameno en „konstrua stato”	73
6,6512	Ekzameno en „funkcia stato”	75

6,6513 Ekzameno en „bontenada stato”	78
6,652 Kalkulmetodo laŭ preskriboj de AREA	81
6,653 Kalkulmetodo laŭ rekomendo de ORE D 171	82
6,654 Kalkulmetodo laŭ rekomendo de UIC 713	82
6,66 Resumo.....	83
7. Ŝtalŝpaloj.....	84
7,1 Y- ŝpaloj.....	84
8. Plastoŝpaloj.....	89
9. Fontoverkoj	93
10. Fakesprimoj.....	94
10,1 Magyar – Eszperantó.....	94
10,1 Esperanto - Hungara.....	100

LA ŜPALOJ

Enkonduko

Ĉe la kutimaj – ni povas diri – tradiciaj trakoj, la strukturo de la surkonstruaĵo konsistas el du reloj kun akcesoraĵoj, ŝpaloj kaj balasto. Dum la pasintaj jardekoj okazis grava evoluo sur ĉi tiu faktereno, kaj aperis novaj strukturoj kaj specialaj solvoj. Ekzemple la magnetrelvojo, kie la veturiloj ne sur reloj trafikis, aŭ en Francio – precize en urbo *Nantes* – aperis la unurela trako por tramo. Rigardante la durelajn trakojn, ankaŭ tie estas troveblaj novaj strukturaj solvoj. Dum multaj jardekoj la relojn apogis iuspecaj ŝpaloj. Kiel novaj solvoj, aperis anstataŭ la ŝpaloj la latisoj kaj slaboj. Ĉi-lastan oni kutimas menciigi senbalasta trako. Ĝenerale ni povas paroli pri subrelaj apogiloj, al kiuj apartenas ankaŭ la ŝpaloj. Certe, pro la evoluo kelkaj nocioj ŝanĝiĝos kaj eble aperos novaj. Kvankam laŭ opinio de fakuloj la slaboj en la estonto ricevos pli grandan rolon ol nun, sur tereno de la urba trafiko, eĉ sur tiu de la grandrapidaj novkonstruotaj fervojlinioj, atendeble la proporcio de la ŝpaloj inter la subrelaj apogiloj restos decida. Antaŭvideble la plej ofte uzataj subrelaj apogiloj restos la ŝpaloj, do ĉi tiu verko pritraktas la ŝpalojn, mallonge prezentante ankaŭ la menciitajn aliajn strukturojn de la surkonstruaĵo.

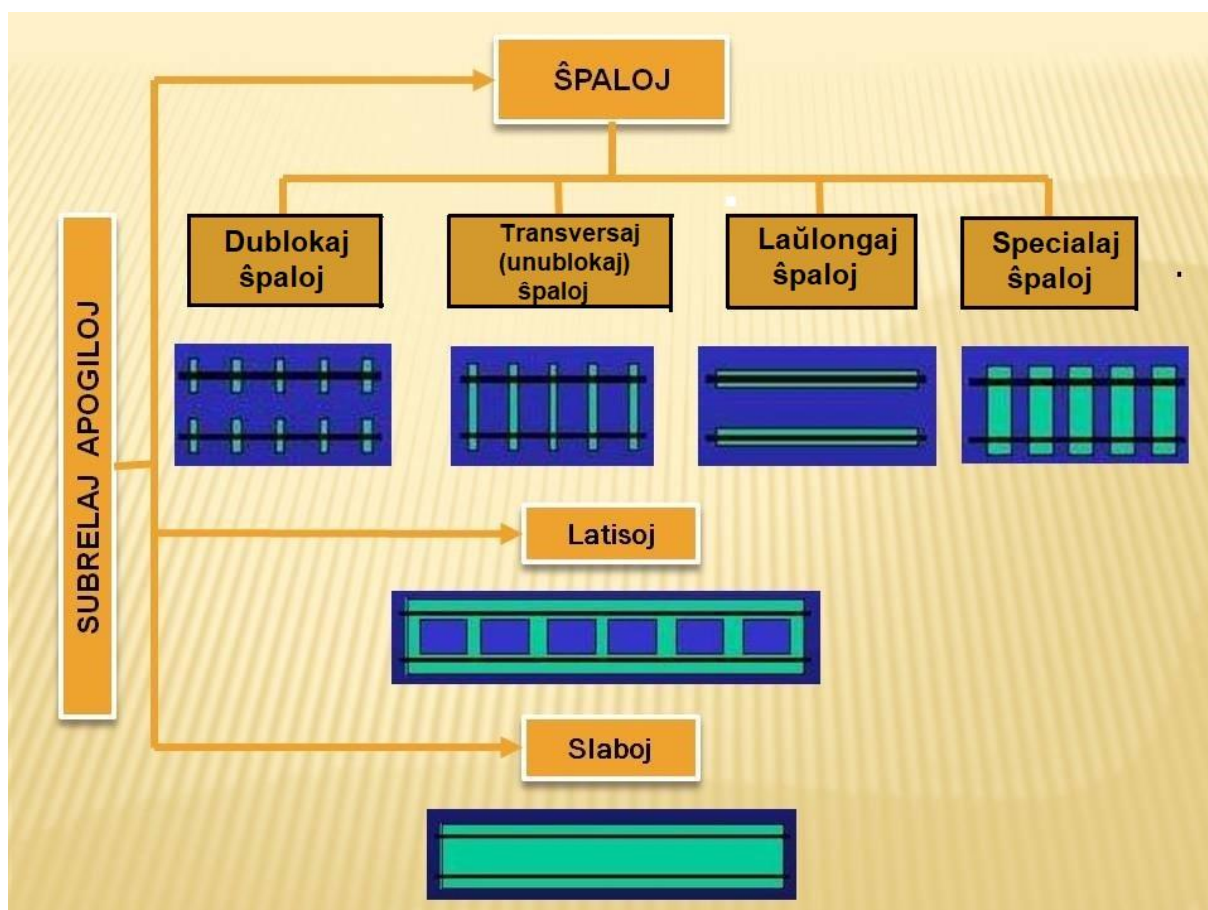


Fig. 1
Subrelaj apogiloj

1. Nocioj

Ŝpalo (PIV): Konstruelemento por trako, servanta kiel subportilo kaj distancigilo por la reloj certiganta la ŝpuron.

2. La graveco de la ŝpaloj

La ŝpalo estas grava parto de la relvoja surkonstruaĵo. La fervojoj de la mondo preskaŭ sen escepto uzas trakojn kun ŝpaloj.

2,1 La taskoj de la ŝpaloj

La plej gravaj taskoj de la ŝpaloj estas:

- apogi la relojn
- pere de la reloj transpreni la ŝarĝon, devenantan de la trafikantaj veturiloj kaj transdoni ĝin al la balasto
- certigi la preskribitajn dimensiojn de la ŝpuro kaj kliniĝo de la reloj.

2,2 Specoj de la ŝpaloj

Diversaj sistemoj de la ŝpaloj estas uzataj en la praktiko. Ili povas esti:

- transversaj ŝpaloj
- laŭlongaj ŝpaloj
- dublokaj ŝpaloj
- kombinitaj miksitaj ŝpaloj
- ipsilonformaj ŝpaloj

Lastatempe oni konstruas trakojn sur betonslabo, sen ŝpaloj kaj balasto.

La fervojoj plej ofte uzas transversajn ŝpalojn. Ĉi tiu sistemo havas multajn avantaĝojn. Ĝia ŝarĝodistribuo estas favora, fidine ĝi certigas la ŝpurdimensiojn de la trako, ĝi ebligas la defluigon de la precipitaĵdevena akvo. Malpliigante la ŝpaldistancon, oni povas iom grade pliigi la ŝarĝportkapablon de la trako. La konstruaj kaj bontenadaj laboroj estas bone mekanikizitaj. La alitipaj ŝpaloj estas uzataj plej ofte por specialaj celoj aŭ en specialaj lokoj. (En tuneloj, sur pontoj, por inspektaj fosoj, tramvojo ktp.)

3. La materialo de la ŝpaloj

Laŭ materialo la ŝpalojn oni povas pretigi el ligno, „fero”, ŝtalo kaj armita betono. La lignomaterialo, kiel subrela apogilo, estas uzata ekde naskiĝo de la fervojo. Pro ĝiaj favoraj ecoj dum longa tempo oni ne serĉis alian materialon por tiu celo. La plur-jardeka uzo donis riĉajn spertojn kaj konojn, kiuj helpis prilabori detalajn regulojn kaj preskribojn. Ili determinis la metodojn de la produktado, konstruado kaj bontonado de la lignoŝpaloj.

La solregado de la lignoŝpaloj daŭris ĝis komenco de la XX-a jarcento. En kelkaj landoj, pli frue en Italio, poste, sekve la finon de la unua mondmilito ankaŭ en Hungario, aperis la manko de la lignomaterialo. Por subrelaj apogiloj oni devis serĉi novajn materialojn. Komenciĝis provoj pri uzo de ŝtalo kaj armita betono.

Komence la ŝpalojn, pretigitajn el ŝtalo, oni nomis ferŝpaloj. Ĉe traktado de tiuspecaj ŝpaloj ni konservas ĉi tiun nomon. Tiel ni deziras distingi ilin de tiuj ŝtalŝpaloj, kiuj estis produktitaj en la postaj tempoj (ekz. ipsilonformaj ŝpaloj). Nia fervojo jam sternadas ferŝpalojn, nek okaze de fervojkonstruado, nek tiu de trakbontonado.

Por fervojkonstruado estas uzataj preskaŭ sole armitaj betonŝpaloj. Por trakbontenado estas uzataj samkvante armitaj betonŝpaloj kaj lignoŝpaloj.

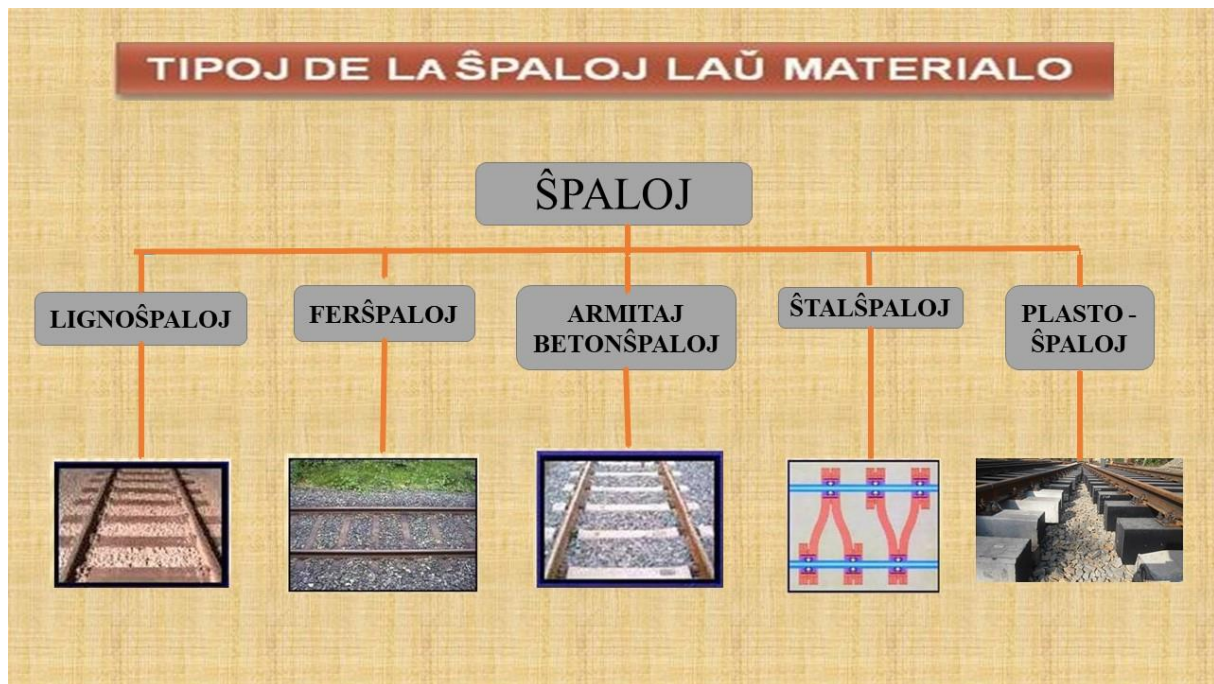


Fig. 2
Tipoj de la ŝpaloj laŭ materialo

4. Lignoŝpaloj

La ligno pro siaj formebleco, elasteco kaj dureco estas tre konvena materialo, uzi ĝin por ŝpalo. La lignoŝpalo havas bonan elektroizolan kapablon. Ĝia malavantaĝo estas, ke daŭro de ĝia uzebleco estas ĉirkaŭ 35 jaroj.

Dum la lastaj jardekoj multaj fervojoj uzas anstataŭ ligno la armitan betonon, ĉar la prezo de la ligno estas tre alta, aliparte la grandaj ŝarĝoj kaj rapido de la fervojaj veturiloj bezonas pli grandan rigidecon de la trako.

La lignoŝpalo estas lignoproduktaĵo kun preskribitaj dimensioj, prilaborita laŭ du, tri aŭ kvar surfacoj.

Estas grave, se oni sternas la lignoŝpalojn, la konvekso surfaco de la jarringoj estu supre, la jarringoj kvazaŭ faru volbon sub la reloj.

La lignospecioj, uzeblaj por ŝpaloj estas: kverko, fago, robinio, ulmo kaj diversaj pinospecioj (piceo, arbara pino, nigra pino, lariko)

4,1 La produktado kaj impregnado de la lignoŝpaloj

La arbon, destinitan ŝpalo, oni devas haki dum la paŭzo de la sukciirkulado, por eviti la putradon kaj fermentadon de la lignomaterialo. La hakita arbo bezonas sekigadon de 6–12 monatoj. Post la sekigado sekvas la prilaborado, tranĉado laŭ preskribitaj dimensioj kaj ferbendigo.

La laŭmezura tajlado de la lignoŝpaloj el lignotrunko, okazas en la lignosegejo kun konsidero de la ŝparado. La kversekon kaj nombron de la tajleblaj lignoŝpaloj determinas la kversekaj

dimensioj de tranĉenda lignotrunko. La suprajn kaj malsuprajn surfacojn oni devas tranĉi tiel, ke maksimume la duono de la medolo estu en la lignoŝpalo.

Tiujn lignoŝpalojn, kiuj estas pretigitaj el junaj lignotrunkoj, kaj kiuj pro tio enhavas la tutan medolon oni nomas unuopaj ŝpaloj.

Por eviti la ŝvelkurbigojn, oni devas segi la lignon paralele kun la fibroj. Oni devas raboti tiun surfacon de la lignoŝpalo, sur kiun kuŝos la relo aŭ apogplato.

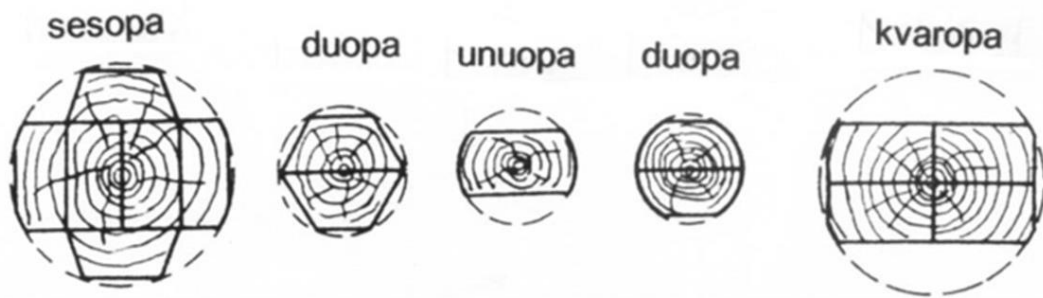


Fig. 3
Tajlado de la lignoŝpaloj el lignotrunko

La sekigo de la ligno okazas en la lignoimpregnada uzino, per konservado en ŝpalstako. La ŝpalstako devas esti tiel, ke ĝi ebligu la aercirkuladon inter la ŝpaloj.

Unu ŝpalstako enhavas 100 ŝpalojn. La ŝpalojn en la supra vico oni metas strikte unu apud la alian. La plej malsuprajn lignoŝpalojn oni devas meti sur betonan stako-soklon.

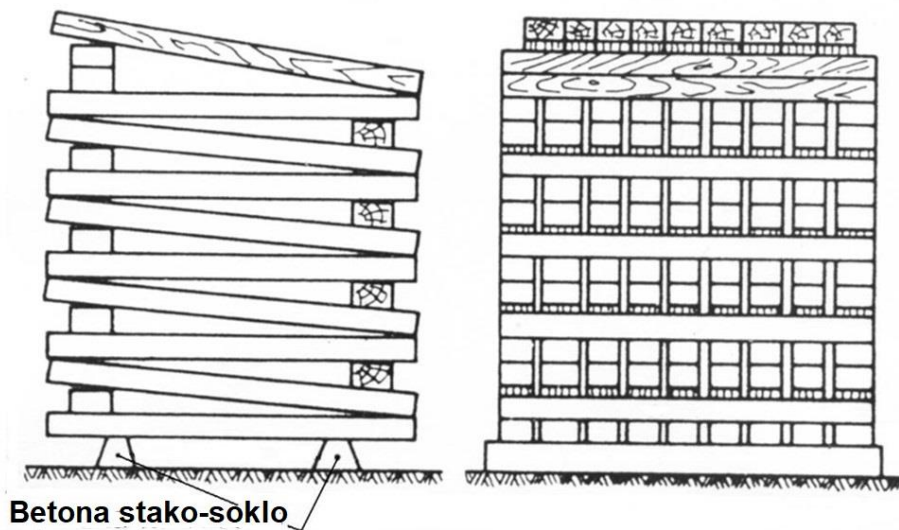


Fig. 4
Deponaĵo de neimpregnitaj lignoŝpaloj

Laŭ spertoj pro la granda premo, aplikita dum la impregnado ĉe la ŝpalekstremaĵoj la ligno fendiĝas. Pro tio antaŭ la impregnado oni devas ferbendizi ĉiun ŝpalekstremaĵon. La materialo de la ferbendo estas 30 mm-ojn larĝa, kaj 2,5 mm-ojn dika. La longo de la ferbendo dependas de la kversekco de la ŝpalo. Unu finon de la tajlita ferbendo oni metas en ringon faritan el materialo de la ferbendo, kaj la alian finon oni ŝovas tra ĉi tiu ringo kaj streĉante fleksas reen ĝin. La ferbendon oni muntas sur la ŝpalon per speciala aparato.

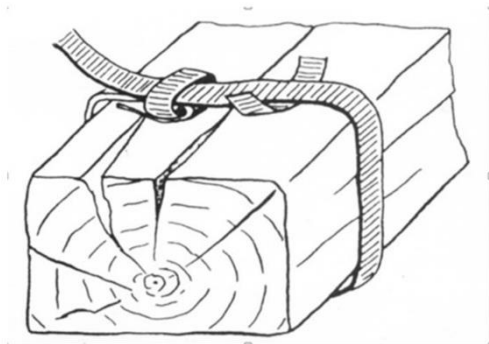


Fig. 5
Ferbendizo de lignoŝpalo

La sternitaj fag- kaj pinglo-lignoŝpaloj en la trako dum kelkaj jaroj putras. La putradon de la ligno kaŭzas fungozo. La fungoj kreskiĝas en la ligno per helpo de akvo, aero kaj taŭga temperaturo. Ili nutras sin per la materialo de la ligno.

La vivantaj arboj kapablas defendi sin kontraŭ la fungoj. La materialon de la hakitaj lignoj oni devas ŝirmi. Pro tio oni enigis en la lignon fungocidajn materialojn. La nomo de ĉi tiu procedo estas impregnado.

Per impregnado oni enigis en la lignon fungodetruan toksan likvaĵon. Pro la impregnado grave pliiĝas la funkcidaŭro de la lignoj.

Ekzemple:

ĉe fagligno:	anstataŭ 5 jaroj	ĝis 30 jaroj
ĉe kverkoligno:	anstataŭ 18 jaroj	ĝis 30 jaroj

La impregnaĵoj estas duspecaj. Unu el ili estas solvebla en akvo la alia ne estas solvebla.

La impregnaĵoj solveblaj en akvo estas diversspecaj metalsaloj, kiel zinka duklorido ($ZnCl_2$), kupra sulfato ($CuSO_4$), hidrarga duklorido ($HgCl_2$), aŭ la ĉiutaga kuirsalo, la natria klorido ($NaCl$).

La impregnaĵoj ne solveblaj en akvo estas diversaj gudroleoj.

La malavantaĝo de la solveblaj impregnaĵoj estas, ke post iom da tempo la precitpaĵo solvas ilin el la ligno, tiel ĝi restas sen ŝirmo. Ĉi tiuj impregnaĵoj estas taŭgaj nur en tiuj lokoj, kiuj estas ŝirmitaj kontraŭ precitpaĵo.

En nia lando la lignoŝpaloj estas impregnitaj nur per impregnaĵoj nesolveblaj en akvo. La plej simpla metodo de la impregnado estas trempi la lignon en la impregnaĵo. Tiel la impregnaĵo ne eniĝas en la internon de la ligno kaj la fungojn troviĝantajn tie ĝi ne povas neniigi. Por impregnadi la lignoŝpalojn oni enigis la impregnaĵojn per premo en la lignon.

La diversaj lignospecoj malsame estas impregneblaj. Facile estas impregneblaj la fagligno, arbara kaj nigra pinlignoj. Malfacile estas impregneblaj la kverkoligno, robiniligno, larikligno, kaj piceligno.

Por impregnado Hungaraj Ŝtatfervojoj uzas impregnaĵon, kiu estas la miksaĵo de terkarba gudroleo (20–22%) kaj brunkarba-gudroleo (78–80%). La impregnadon oni faras en fermitaj ujoj laŭ metodoj dependantaj de la lignospecoj.

La impregnado konsistas el kombinado de diversnombra kaj diversdaŭra vakuigo, aerpremo kaj impregnaĵpremo. La diversaj impregnadmetodoj estas nomitaj laŭ siaj inventistoj.

La uzataj metodoj estas la sekvaj:

4.11 Simpla metodo de Rŭping

Ĉi tiu metodo estas uzata por arbara kaj nigra pinlignoj, esceptokaze por fagligno. La sekigitan lignomaterialon oni metas en ŝutvagonetojn, kiujn oni ŝovas en la impregnujon. Tie dum la unua fazo okazas aerpremo de 0,15 – 0,4 MPa, dum 10 – 20 minutoj. Dum la dua fazo oni premas la impregnaĵon en la lignon per impregnaĵpremo de 0,8 – 1,18 MPa dum 60 – 100 minutoj. Dum la tria fazo okazas vakuigo de 0,053 MPa dum 30 minutoj.

Dum la dua fazo oni enigis 180 – 200 kg/m³ da impregnaĵo en la lignon, el kiu dum la tria fazo pro la vakuigo revenas 30 – 60 kg/m³ ĉar la aero premita dum la unua fazo repremas iom da

parto de la impregnaĵo el la ligno. Tiel post la impregnado oni ricevas la lignon el la impregnadujo kun seka surfaco.

La necesajn valorojn de la premoj, tempodaŭroj kaj impregnaĵkvantoj oni decidas laŭ konkretaj karakterizaĵoj de la impregnenda lignomaterialo.

4,12 Duobla metodo de Rüping

Ĉi tiu metodo estas uzata por impregnado de fagligno. Ĉar en nia lando la plimulto de la lignoŝpaloj fariĝas el fago, ĉi tiu impregnadmetodo estas la plej ofte uzata. Kiel mem la nomo montras, unu post la alia dufoje oni uzas la simplan metodon de Rüping. Tiel la fazoj estas:

- aerpremado
- impregnaĵpremado
- vakuigo
- denove aerpremado
- denove impregnaĵpremado
- denove vakuigo

La tempodaŭro de la metodo estas 6–8 horoj, la kvanto de la enigita impregnaĵo estas 160–180 kg/m³.

4,13 Metodo de Bethel

Ĉi tiun metodon oni uzas por lignoj malfacile impregneblaj (ekz. kverkligno, piceligno, larikligno). Por ke, la impregnaĵo eniĝu facile en la lignon, laŭ ĉi tiu metodo unue oni per vakuigo forigas iun parton de la aero estanta en la ligno.

La fazoj de la metodo estas:

- vakuigo
- impregnaĵpremado
- postvakuigo, kiu forigas la superfluan impregnaĵon el la ligno.

4,14 Kompleta impregnadmetodo

Ankaŭ ĉi tiu metodo estas uzata por lignoj, malfacile impregneblaj. La metodo komenciĝas per vakuigo, kiun sekvas impregnaĵpremado, sed postvakuigo ne okazas. Do, la fazoj de la metodo estas:

- vakuigo
- impregnaĵpremado

Sekve la impregnadon, ĝis la uzado oni konservas la lignoŝpalojn en ŝpalstakoj.

4,15 Deponado de la lignoŝpaloj

La lignoŝpaloj impregnitaj per gudroleo estas brulemaj, pro tio ilia deponado bezonas singardeman zorgadon. En la ŝpalstakoj troviĝas 100 lignoŝpaloj. Inter la ŝpalstakoj la distanco estas 2–4 m. Sur la supron de la ŝpalstakoj oni metas maldikan grundotavolon, kaj surloke estas bezonataj diversaj kontraŭfajraj instalaĵoj, materialoj (sablo, akvo ks.).

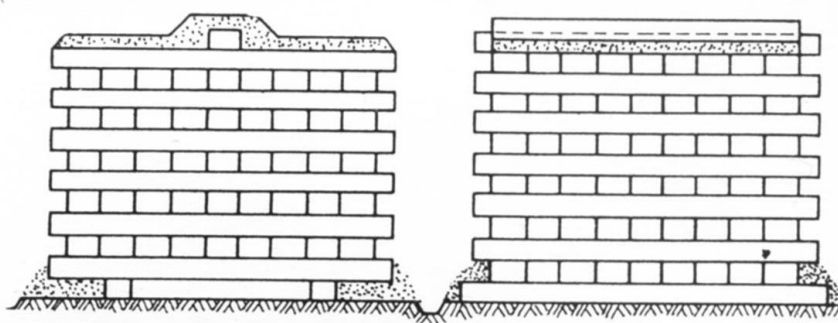


Fig. 6
Deponaĵo de impregnitaj lignoŝpaloj

4,2 Grupigo de la lignoŝpaloj

4,21 Grupigo laŭ kverprofilaj formoj

Tabelo 1

Longo (cm)	Formoj de la kversekco de lignoŝpaloj			
	E	I	II	III
260				
250				
240				
230				

La tabelo diferencigas kvar specojn de la kverprofilaj formoj.

Ĉe la formo E, la kverprofilaj formoj de la lignoŝpalo estas ortangulo, kun akraj randoj.

Ĉe la formo I, la superaj anguloj de la kverprofilo estas malakrigitaj laŭ 45 gradoj.

Ĉe la formo II, unu el flankoj de la lignoŝpalo estas cilindra, escepte minimume longo de 5 cm

Ĉe la formo III, ambaŭ flankoj de la lignoŝpalo estas cilindraj.

4,22 Grupigo laŭ longo

La longo de la lignoŝpaloj en trakoj povas esti: 230, 240, 250, kaj 260 cm.

En trakforkoj la longo de la lignoŝpaloj pliigas laŭ ŝtupoj de 20 cm, de 260 cm ĝis 540 cm.

Tiel estas lignoŝpaloj por trakforkoj kun longo: 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540 cm.

4,3 Gluitaj lignoŝpaloj

Je pretigo de la lignoŝpaloj estiĝas grava kvanto da defalaĵo. Por ŝpari la importon de la lignoŝpaloj jam komence de la 1950-aj jaroj aperis la ideo, uzi la defalaĵon de la lignomaterialo per helpo de gluado. Por la gluado oni uzis sintezan rezinon kun varma gluadteĥnologio. Sekve la favorajn laboratoriajn rezultojn, ekde 1955 Hungaraj Ŝtatfervojoj uzis centojn da gluitaj lignoŝpaloj por trakoj kaj por trakforkoj.

Simpligi la gluadteĥnologion, ekde 1967 oni komencis uzi malvarman gluadmetodon.

Kvankam la tonda rezisteco de la gluaĵo estis ĉirkaŭ sama kiel tiu de la malmola ligno, kaj ĝi kontraŭstaris al la mikroorganismoj, bone toleris la efikojn de la vetero, tamen la prezoj de la gluado estis tro altaj malgraŭ la uzado de lignodefalaĵo.

La gluitaj lignoŝpaloj ne estis konkurenckapablaj kontraŭ la armitaj betonŝpaloj.

4,4 Ekzameno de la lignoŝpaloj

Pro eluzado unuopaj lignoŝpaloj post iom da tempo iĝas netaŭgaj plenumi siajn taskojn. Pro tio oni devas ekzameni regule la lignoŝpalojn. La ekzameno de la ŝpaloj estas parto de la relvojinpektado. Dum la ekzameno oni devas marki la riparendajn, ripareblajn lignoŝpalojn kaj tiujn, kiuj jam ne estas taŭgaj por siaj taskoj. Oni devas fari la ekzamenon tre zorgeme. La plej grava vidpunkto de la ekzameno estas la sekureco de la trafiko. Aliparte ĝis racia limo la eluzado de la lignoŝpaloj troviĝantaj en la trako estas grava ekonomia intereso. Ĉe markado de la tuj ŝanĝendaj lignoŝpaloj oni devas ekzameni ankaŭ la staton de la najbaraj lignoŝpaloj. La sisteman ekzamenon oni devas fari printempe post forpaso de la frostoj laŭirante la tutan linion de ŝpalo al ŝpalo. Dum la ekzameno oni devas marki ankaŭ tiujn lignoŝpalojn kies ŝanĝo estas necesa en la sekvonta jaro. Ĉi tiu marko atentigas pri tio, ke ĉi tiuj lignoŝpaloj bezonos pli zorgeman ekzamenon.

La celo de la ekzameno, farata somerfine estas, ke oni ŝanĝu el la trako la lignoŝpalojn, danĝerajn por trafiko jam antaŭ alveno de la vintro. Aliparte ĉi tiu ekzameno donas informojn pri la atendebla kvanto de la lignoŝpalŝanĝo de la sekvanta jaro.

La limon de uzebleco de la lignoŝpaloj ĝenerale determinas la putrado. Pro tio ne estas sufiĉe pririgardi la staton de la lignoŝpaloj. Kelkaj lignoŝpaloj laŭ aspekto estas sendifektaj, sed iliaj internaj povas esti tute putrintaj. Ĉiun lignoŝpalon ambaŭflanke de la reloj oni devas batadi per ŝpalfrapilo. La malakra tono signifas, ke la lignoŝpalo verŝajne jam ne estas sendifekta. Ĉi tiun lignoŝpalon oni devas detale ekzameni. Ĉiu lignoŝpalo estas ŝanĝenda kiu pro putrado aŭ pro iu ajn kaŭzo ne apogas la relojn.

Se la lignoŝpalo ankoraŭ apogas la relojn oni devas ekzameni ĉu la ŝpalŝraŭboj sufiĉe firme estas en ĝi. Tio estas ekzamenebla batadante la ŝpalŝraŭbojn per malgranda martelo aŭ per malakra parto de ŝtopopioĉo. Se la ŝpalŝraŭboj ne moviĝas je batalado, ili estas taŭgaj.

Dum la ekzamenado oni devas decidi ĉu la difektita lignoŝpalo estas riparebla aŭ ne.

4,5 Difektiĝoj kaj riparado de la lignoŝpaloj

4,51 Difektiĝoj de la lignoŝpaloj

Dum funkciado la difektiĝo de la lignoŝpaloj okazas pro diversaj mekanikaj efikoj, naturaj triviĝoj kaj malĝusta bontenado. La plej oftaj tipoj de la difektiĝo estas:

- en rektaj traketaĵoj etparte pro la konuseco de la radringo, grandparte pro la serpenta movo de la veturiloj, en kurbaj traketaĵoj pro la centrifuga fortoefiko kverdirektaj fortoj efikas al la relkapo. Pro ĉi tiuj fortoj la bortruoj plivastiĝas en la lignoŝpalo en kiujn fluas la precipitaĵdevena akvo. Post iom da tempo la lignomaterialo komencas putri pro kio la relfiksado iĝas loza. La ŝpalo jam ne certigas la dimension de la ŝpuro. Pro progreso de la difektiĝa procezo la reloj faras ondan movon sur la ŝpalo. La difektiĝinta ŝpalo certigas nek la ŝpuron, nek la fiksan apogon de la relo.
- La vertikalaj fortoj premas la apogplaton en la supran surfacon de la lignoŝpalo. En la penetrita foldo la akvo kolektiĝas kaj stagnas. Pro ĉi tiu procezo la lignomaterialo putriĝas, la relfiksadoj loziĝas. En kurbaj traketaĵoj ĉe la ekstera relo pro la centrifuga forto la elformiĝo de la penetrita foldo ofte okazas kune kun ekŝiriĝo de la lignofibroj.
- La malsama sekiĝo de la lignomaterialo, la glaciĝo de la akvo en fendetoj, la malĝusta borado, povas kaŭzi elformiĝon de fendoj. La rubaĵo, akvo enigita en la fendon estas elirpunkto de la putrado.

4,52 Riparado de la lignoŝpaloj

La difektojn de la ŝpaloj oni konstatas okaze de la perioda inspektado, kiam oni decidas pri la bezono de la riparado, aŭ pri la ŝanĝo de la ŝpalo.

- La riparado de la plivastiĝintaj bortruoj povas okazi per uzado de lignoŝtopaĵo aŭ sinteza rezino, per procedo *Traversan*. Se oni uzas lignoŝtopaĵon, la malnovajn truojn boras tra la ŝpalo. Tiel la putrintaj partoj estas forigeblaj el la ŝpalo. La materialo de la lignoŝtopaĵo estas robinio aŭ kverko.

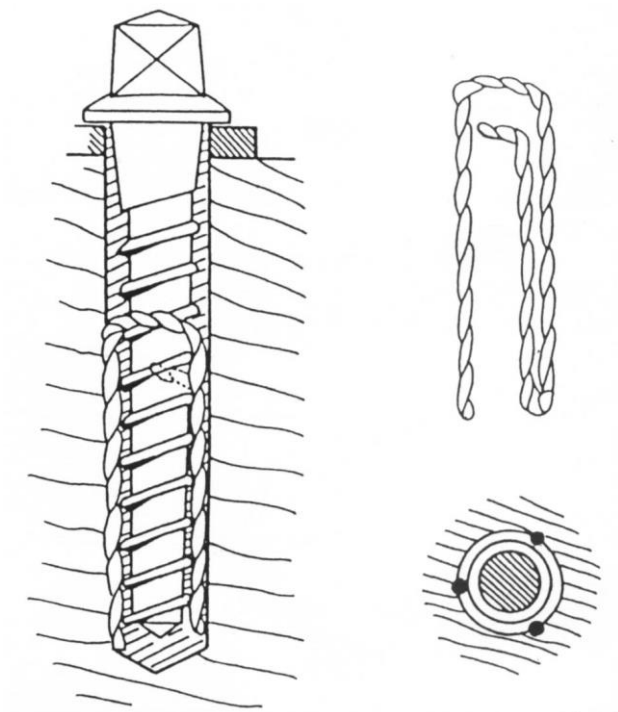


Fig. 7

Streĉ-enmetaĵo por riparado per sinteza rezino

La diametro de la ŝtopaĵo estas je unu milimetro pli ol tiu de la traborita truo. La truon oni ŝmiras per gudro kaj la lignoŝtopaĵoj estas dekoktitaj en gudro. La lignoŝtopaĵojn oni enmarteladas la truon. La eksterŝpalan parton de la martelita ŝtopaĵo oni devas forigi per segilo kaj ŝmiras la noĉitan surfacon per gudro.

Ankaŭ la riparado per sinteza rezino komenciĝas per la traborado de la malnovaj truoj de la lignoŝpalo. La diametro de la uzata borpinto estas sama kiel tiu de la truo de la apogplato. El la plivastigita borita truo oni forigas la putrintajn partojn kaj rubojn. La truon oni ŝmiras per acetono, kiu rapidigas la sekiĝon. Por fiksi la ŝpalŝraŭbon oni metas en la truon streĉ-enmetaĵon, faritan el kunplektita metalo, kiu estas konforma al la alto de helicerio de la

ŝpalŝraŭbo. Poste oni plenigas la truon per sinteza rezino miksitaj el du komponantoj, en

kiun oni ŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon. La sinteza rezino solidiĝas dum 15–20 minutoj. Je la ŝraŭbado la superflua kvanto de sinteza rezino fluas inter la ŝpalon kaj apogplaton, kie ĝi fortigas la supran surfacon de la ŝpalo.

Grava avantaĝo de ĉi tiu metodo estas, ke por la riparado ne estas bezonata laŭplana trafikpaŭzo. La riparadon oni povas fari dum la intertrajnaj paŭzoj. Por la laboro estas speciala malgranda instalaĵo, kiu estas facile movebla. Dum la riparado la lignoŝpalo restas en la balasto, sub la reloj.

Malavantaĝo estas, ke la teĥnologia procezo ligiĝas al preskribita temperaturo. La uzita sinteza rezino produktas tro rigidan ligan, kiu pro la dinamikaj efikoj ofte difektiĝas. *Traversan* estas nomo de la uzita sinteza rezino.

- Se pro la vertikalaj fortoj la ŝpaloj difektiĝas, la apogplatoj kaŭzas penetritajn foldojn. La riparado povas okazi per ŝpalnoĉado. La kondiĉo de ĉi tiu riparadmetodo estas, ke post la ŝpalnoĉado la alto de la ŝpalo restu sur ĉeflinio pli ol 120 mm-oj, sur duaranga linio pli ol 100 mm-oj. La ŝpalnoĉadon oni devas fari laŭ noĉadŝablono en la tuta larĝo de la ŝpalo, tiel, ke la noĉita surfaco estu ebena. Ĝenerale la ŝpalnoĉado povas okazi en la trako sen forigo de la lignoŝpalo. Tamen se la foldoj estas malsamaj ĉe du flankoj de la apogplatoj, aŭ ŝanĝiĝis la kliniĝo de la reloj, oni devas eltiri la lignoŝpalojn de sub la reloj, kaj ŝpalnoĉadi ekster la trako. La prilaboritan surfacon ĉiam oni devas ŝmiri per varmega gudro. Ĉi tiu pliigas la funkciadaŭron de la lignoŝpalo. Preterlaso de la ŝpalnoĉado kaŭzas la tutan detruigon de la lignoŝpalo.

4,6 Ŝpalŝanĝado

Se laŭ konkludo de la ekzameno de lignoŝpaloj iu el ili jam ne estas riparebla, oni devas ŝanĝi ĝin. La ŝpalŝanĝado povas okazi sporade aŭ amase, per homa forto aŭ per maŝino.

4,61 Ŝpalŝanĝado per homa forto

Tiuokaze estas motivite fari sporadan ŝpalŝanĝon per homa forto, se estas necese ŝanĝi malmulte da ŝpaloj, aŭ en mallonga traketaĵo ne estas necese ŝanĝi najbarajn ŝpalojn. Ĉi tiu laboro estas farebla ankaŭ dum intertrajna paŭzo, sed ĝis la alveno de la trajno la nova ŝpalo jam devas esti sub la reloj kaj unufoje oni devas subŝtopi ĝin.

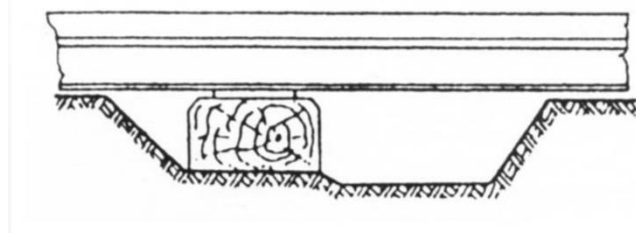


Fig.8
Senbalastigo de la ŝanĝenda ŝpalo

Antaŭprepari la laboron, oni disdonas la novajn ŝpalojn proksime al la loko de la ŝanĝado tiel, ke ili ne baru la eltiradon de la malnovaj ŝpaloj.

La ŝanĝendan ŝpalon oni senbalastigas laŭ **Fig. 8** kaj apud la ŝpalo oni formas tn. eltiran kanalon, kiu deklivas al direkto de la eltiro. Post la senbalastigo la sekvanta tasko estas lozigado de la relfiksaĵoj kaj forigo de la apogplatoj de

sur la ŝpaloj. La malnovan ŝpalon oni batas per ŝtopopioĉoj en la eltiran kanalon de kie per ŝpaltenaĵoj ĝi estas eltirita de sub la reloj. Sur loko de la forigita ŝpalo oni purigas la surfacon de la balastotrabo forigante la putrintajn restaĵojn de la malnova ŝpalo. Poste oni malkompaktigas la balaston ĝis alto de 50–60 mm.

La novan ŝpalon oni tiras sur ĝian lokon tra la eltira kanalo. Laŭ bezono oni ĝustigas la ŝpalnoĉadon. Oni metas la apogplatojn sur la novan ŝpalon, premante ĝin al la relpiedo poste

subŝtopas la novan ŝpalon. Unue oni fiksas unu el la reloj al la ŝpalo kaj post kontrolo de la ŝpuro ankaŭ la alian.

Post fiksado de la reloj oni subŝtopas la ŝpalon, ĝustigas la trakon, balastigas la ŝpalekstremaĵojn. La sekvanta subŝtopado de la ŝpalo estas farebla post traĵo de 8 – 10 trajnoj. Fine oni povas fari la tutan balastadon.

Tiuloke, kie oni ne povas tiri la ŝpalojn flanken (traknivela pasejo, ponto, kajo ktp.), oni devas senbalastigi almenaŭ po tri najbarajn ŝpalojn. La najbarajn ŝpalojn oni devas ŝovi laŭlonge de la trakakso tiel, ke la ŝanĝenda ŝpalo estu turnebla inter la relojn, kaj ellevebla de tie. Ĉi-okaze estas konsilinde forigi la relojn kaj poste ŝanĝi la ŝpalojn.

La ŝpalŝanĝado kutime okazas printempe, por ke la balasto kompaktiĝu antaŭ alveno de la pli varma vetero. Por senbreĉe kunvelditaj trakoj oni devas plenumi la temperaturajn regulojn. Por certigi la balastreziston, okaze de ŝpalŝanĝado ne estas permesite senbalastigi po tri najbarajn interŝpalajn spacojn. En kurbaj traketaĵoj, se $R < 600$ m, forigi la balaston de la ekstera balastrando estas malpermesite, eĉ se la reltemperaturo estas malpli ol la neŭtrala reltemperaturo. La ŝpalŝanĝon oni faras al la interna flanko de la trako. En ideala okazo la ŝpalŝanĝon sekvas maŝina trakĝustigado.

Temas pri amasa ŝpalŝanĝado, se oni ŝanĝas pli ol trionon de la ŝpaloj. Fari ĉi tiun laboron estas laŭcele dum laŭplana trafikpaŭzo, kiam post forigado de la reloj oni povas labori pli simple.

Se amasa ŝpalŝanĝado estas bezonata en senbreĉe kunveldita traketaĵo (ekz. sur pontoj aŭ je rekonstruado post akcidento ktp.) oni devas ĉesigi la kontinuecon de la reloj. Kunveldi denove la relojn estas permesite post fino de la laboro, nur post kompaktiĝo de la balasto.

4,62 Maŝina ŝpalŝanĝado

Ĉe maŝina ŝpalŝanĝado malpliigigas la nombro de la necesaj laboristoj kaj fortouzo kaŭzata de la malfacila fizika laboro.

Por fari la laboron estas bezonataj la sekvaj maŝinoj kaj laboriloj:

- 1 ŝpalanstataŭiga maŝino
- 1 trakciila kaj transporta veturilo
- 1 balastoŝtopmaŝino aŭ aŭtomata ŝtop- kaj niveladmaŝino
- 1 loĝ- kaj transporta vagono
- malgrandaj maŝinoj

Transporti la ŝpalanstataŭigan maŝinon de unu laborloko al la alia estas eble per ŝosea aŭ fervoja veturilo, ŝanĝi la ŝpalojn per ŝpalanstataŭiga maŝino eblas ĝenerale dum laŭplana trafikpaŭzo. Malofte ĉi tiu laboro estas farebla ankaŭ dum intertrajnaj paŭzoj, sed tiuokaze estas malpermesite forigi de la reloj la akcesoraĵojn de la sekuriga instalaĵo kaj la terkonektajn kablojn.

Ekzistas ŝpalanstataŭiga maŝino, kiu havas ankaŭ ŝoseajn radojn. Per helpo de ĉi tiuj radoj kaj hidraŭlikaj instalaĵoj la maŝino memstare kapablas foriri de sur la trako kaj reiri sur ĝin. Ĉi tiun procedon la maŝino povas fari en traknivela pasejo. Pro sia mekanismo la maŝino kapablas eltiri la ŝanĝendajn ŝpalojn nur al unu sia flanko. Okaze de unutraka relvojo en kurba traketaĵo ŝanĝi la ŝpalojn estas konsilinde al direkto de la interna flanko. Ĉe dutraka relvojo la eltiro de la ŝpaloj memkompreneble povas okazi al direkto de la ekstera flanko de la trakoj. Se estas bezonate fari la laboron al mala direkto, oni devas turni la maŝinon.

Je antaŭpreparo de la laboro oni devas decidi, al kiu flanko de la trako fariĝu la ŝpalŝanĝado. Se estas taŭga lumigo, la maŝina ŝpalŝanĝado estas farebla ankaŭ dum nokta laŭplana trafikpaŭzo. Por certigi la ekvilibron de la maŝino dum la laboro, oni devas uzi la apogan kaj relprenantan mekanismojn de la maŝino.

Post komenco de la laŭplana trafikpaŭzo oni devas lozigi la relfiksajn ŝraŭbojn sur la ŝanĝendaj ŝpaloj kaj la apogplatojn oni devas flankenŝovi sur la relpiedo tiel, ke ili ne baru la ŝpalŝanĝadon.

Se la balasto estas kompakta, la maŝino per sia levmekanismo povas levi la relon je 20–30 mm super la ŝpalon. Por eviti deformiĝon de la relo, oni devas lozigi ankaŭ la relfiksajn ŝraŭbojn de la najbaraj ŝpaloj tiel, ke la najbaraj ŝpaloj ne leviĝu kune kun la relo.

La balaston troviĝantan ĉe la ŝpalekstremaĵo la maŝino forigas per eltiro de la ŝanĝenda ŝpalo. Per ĝusta movado de la ŝpalo ĝi formas la eltiran kanalon, kiu estas bezonata tiri la novan ŝpalon sub la relojn. Ankaŭ la novan ŝpalon la maŝino tiras sub la relojn. Dum la antaŭprepara laboro oni povas fiksi apogplaton, la duan laŭ direkto de la entiro, sur la novan ŝpalon.



Fig. 9
Ŝpalsanĝanta maŝino MRT2-tipa

Se la maŝina ŝpalŝanĝado okazas en stacia trako, oni devas fari la eltiran kanalon ekster la trako, antaŭ komenco de la laboro. Post kiam la maŝino metis la ŝpalon sur ĝian proksiman lokon, pluiras. Oni metas la ŝpalon sur ĝian ĝustan lokon per homa forto. Poste oni metas la apogplaton sur la ŝpalon kaj streĉas la relfiksajn ŝraŭbojn sur la najbaraj ŝpaloj. Mezurante la ŝpuron oni faras la bortruojn kaj fiksas la relojn al la nova ŝpalo.

Okaze de senbreĉe kunveldita trako estas permesite ŝanĝi la ŝpalojn nur tiam, se la reltemperaturo estas malpli ol la efektiva neŭtrala reltemperaturo. Oni devas klopodi, ke dum ŝpalŝanĝado oni ne levu la relojn. Ĉe laboroj, farantaj en senbreĉe kunveldita trako, oni devas plenumi ankaŭ la specialajn preskribojn de tiuspecaj trakoj.

Iu parto de la reprenitaj ŝpaloj estas riparebla post la ŝpalŝanĝado. Post la riparado kaj reimpregnado ili denove estas uzeblaj. La riparitajn ŝpalojn oni uzas por staciaj branĉtrakoj aŭ duarangaj fervojlinioj. La putrintaj lignoŝpaloj estas uzeblaj maksimume por hejtado.

La reprenitaj armitaj betonŝpaloj, ne konvenaj por fervoja celo, estas uzeblaj por pavimo de staciaj kargejoj aŭ kargadkorto. Ofte oni uzas ilin kiel betonrompitaĵon por konstruaj celoj.

En la praktiko estas uzataj diversaj maŝinoj por ŝpalŝanĝado. El ili kiel ilustran ekzemplon ni montras la MRT2-tipan ŝpalsanĝantan maŝinon. Ĝi estas produktita de la firmao *Geismar*, kaj estas uzata ankaŭ en nia lando.

Kelkaj teknikaj karakterizaĵoj de la maŝino estas:

Ŝpuro:	1435 mm
Motora:	Diesel Hatz 3L41C-49ch (36kW)
Povumo:	40 ŝpaloj/horo por unu maŝino > 80 ŝpaloj/horo por du maŝinoj (unu el ili eltiras la alia enigis la ŝpalojn)
Maksimuma veturrapido:	30 km/h
Entira forto:	35 kN
Eltira forto:	50 kN
Dimensioj:	3720 x 2700 x 3040 mm
Maso:	6000 kg

- la MRT2-tipa ŝpalanstataŭiga maŝino, ekipita per ergonomia kupeo estis projektita precipe por forigi kaj ŝanĝi unu-aŭ dublokajn, lignajn aŭ armitajn betonŝpalojn
- la maŝino dank' al sia aparato, kiu ebligas rapide forlasi la relvojon (malmulte ol du minutoj) estas ideale taŭga por labori sur denstrafikaj linioj, kie la tempo staranta je dispono estas mallonga
- samtempe estas uzeblaj du MRT2 maŝinoj, tiel la kvanto de forigo kaj enigo de la ŝpaloj estas pliigebla pli ol duoble. Unu maŝino forigas la alia enigas la ŝpalojn.

4,7 Resumo

La lignoŝpaloj dum longa tempo estis nemankigeblaj elementoj de la relvojo. Ilia uzo aperigis multajn problemojn, kies solvo riĉigis la sciencon kaj la praktikon. La prilaborado kaj impregnado de la lignomaterialo donis uzeblajn metodojn ankaŭ por tiuj lignaĵistoj, kiuj agadis ekster la fervojo. La disvastiĝo de la lignoŝpaloj kaŭzis grandan problemon ekster la fervojo. En kelkaj landoj malpliigis la kvanto de la arbaroj, aperis la manko de lignomaterialo. Ili komencis serĉi aliajn materialojn anstataŭ la ligno.

Post iom da tempo konekse kun aplikado de lignoŝpaloj aperis novaj vidpunktoj. Rezulte de evoluo de la fervoja trafikado pliigis la veturrapido. Elformiĝis la senbreĉe kunvelditaj trakoj, kie en la reloj funkcias dilataj fortoj. La kvanto de ĉi tiuj fortoj dependas de la reltemperaturo. La grandaj dilataj fortoj danĝerigas la stabilecon de la trako. Laŭ la spertoj la stabilecon de la trako oni povas pliigi per granda maso de la trako. Por la granda maso la lignoŝpaloj jam ne estis sufiĉaj. En la senbreĉe kunvelditaj trakoj oni ŝanĝis la lignoŝpalojn al armitaj betonŝpaloj. La apliko de la lignoŝpaloj regresis. Oni pli kaj pli malmulte da lignoŝpaloj aplikas. En la ne tro fora estontonto la lignoŝpaloj verŝajne malaperos el la teritorio de la relvojo.

5. Ferŝpaloj

En la dua duono de la XIX-a jarcento pro la rapida putrado de la lignoŝpaloj aperis la bezono de aplikado de iu materialo havanta pli longan funkcion ol la ligno. Tiel oni komencis eksperimenti per la ferŝpaloj. Kiel jam estis menciite, ilia materialo vere estis ŝtalo, sed la ŝpalojn oni nomis ferŝpaloj. Ilia materialo estis pli solida ol la ligno, kaj la maso de la ŝpalo estis pli malgranda.

Unua-foje oni uzis ferŝpalojn en Portugalio en 1860. Ĉi tiuj ŝpaloj estis faritaj el ŝtallado 4 mm-ojn dika kaj havis formon de inversa trogo. Pro la maldika lado kaj malgranda maso ĝi ne montriĝis taŭga. La unuan eksperimenton sekvis multaj aliaj.

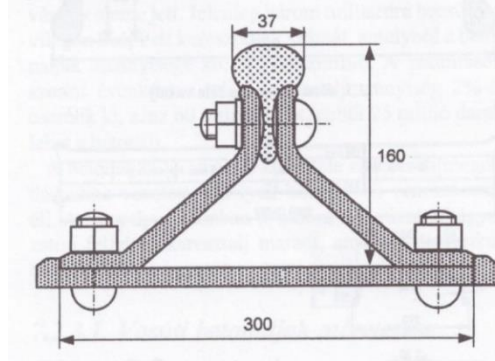


Fig. 10

Laŭlonga ferŝpalo „Serres- Batting”- tipa.

La ferŝpaloj aperis en diversspecaj formoj, kiuj en la unuopaj landoj disvastiĝis diversmezure. La landoj riĉaj je fero, sur iu parto de siaj fervojlinioj aplikis ferŝpalojn.

En pluraj landoj, ankaŭ en Hungario pro la neevoluinta ferindustrio la produktado de la ferŝpaloj estis iom pli multekosta. Unua-foje en Hungario la Aŭstria Ŝtatfervojo sternis ferŝpalojn en la trakojn de *Budapest Nyugati pu.* (Okcidenta Stacidomo de Budapeŝto). Ĉi tiu speco estis laŭlonga ferŝpalo „Serres- Batting”- tipa. (Fig. 10) Hungaraj Ŝtatfervojoj komencis aplikati ferŝpalojn

ekde 1890. Komence oni eksperimentis per ferŝpaloj aĉetitaj el eksterlando. Iliaj tipoj estis „Hilf” „Haarmann” kaj „Vautherin”. Poste inter 1892-1896 oni sternis en diversajn

fervojliniojn ĉirkaŭ 40 mil ferŝpalojn projektitajn kaj produktitajn hejmlande. La nomo de ĉi tiu speco estis „Banovits”.

Inter la du mondmilitoj anstataŭ lignoŝpaloj oni uzis ĉirkaŭ 300 mil „Baden”-tipajn ferŝpalojn. Ankaŭ ĉi tiu speco havis formon de inversa trogo, kiu el kvar direktoj ĉirkaŭprenas la balaston, tiel ĝi bone kapablas kontraŭstari la long- kaj kverdirektajn movojn.

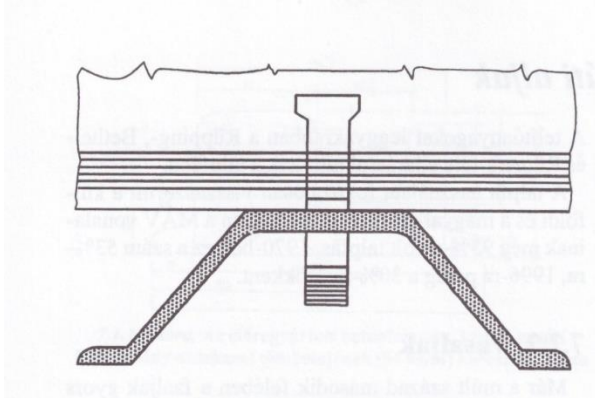


Fig. 11
Vautherin-tipa ferŝpalo

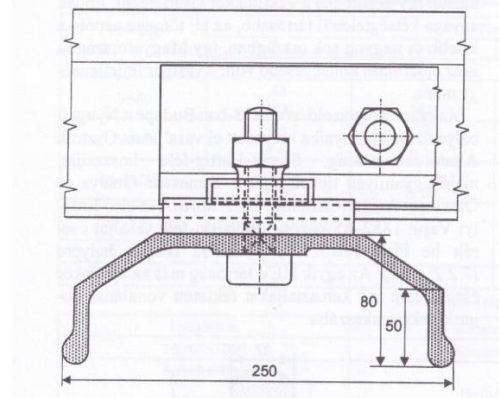


Fig. 12
Banovits-tipa ferŝpalo

La kverklinocon de 1:20 de la reloj oni certigis tiel, ke la supra surfaco de la ŝpalo estis formita en samdimensia kverklino.

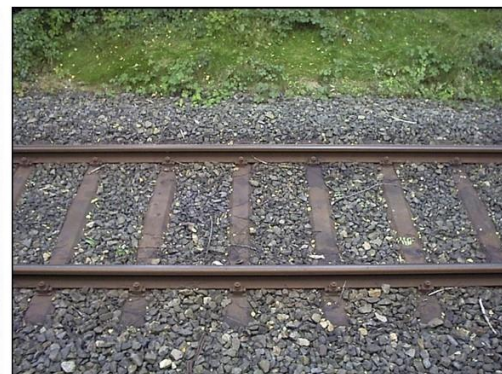
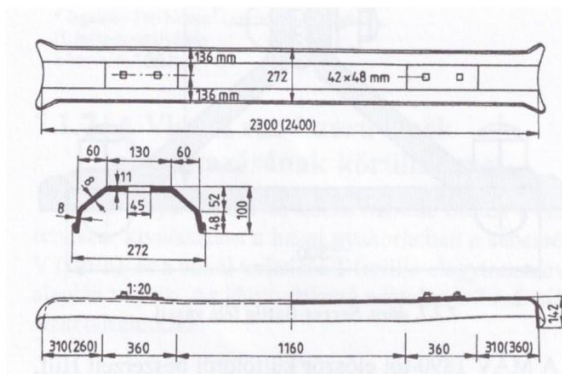


Fig. 13
La „Baden”-tipa ferŝpalo sur la projekto kaj en la relvojo

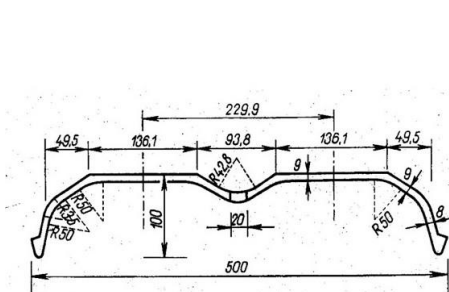


Fig. 14
Ĝemeligita ŝpalo de la „Baden”-tipa ferŝpalo

Por fiksi la relojn al la ferŝpaloj elformiĝis du metodoj. Komence la relpiedon relklipsingo fiksas, kies alia tigo apogiĝis sur la ŝpalo. La fiksado de la relklipsingo okazis per ŝraŭboj. La mezuron de la ŝpuro oni certigis per diversdimensiaj enmetaĵoj. Ĉi tiuj enmetaĵoj lokiĝis en la truoj, formitaj sur la supro de la ferŝpaloj. Se la truado ne okazis perfekte, la hardimensiaj fendoj elformiĝantaj en la anguloj povis esti elirpunktoj de rompiĝo de la ferŝpaloj.

Poste rezulte de la evoluo de veldado oni veldis la apogplatojn sur la supran surfacon de la ŝpaloj. Tiu solvo havis avantaĝojn, ĉar la ŝpaloj ne estis malfortigitaj per bortruoj. Ankaŭ la elformado de la ŝpurlarĝiĝo okazis per veldado de la apogplatoj je konvena distanco sur la ŝpalo. Por ferŝpala surkonstruaĵo ĉe la reljuntaj oni uzas reljuntan ŝpalo, alinome ĝemeligitan ŝpalo.



Fig. 15
Ferŝpala tarforko

streĉita, loziĝo okazas malofte.

La kvanto de la ferŝpaloj en nia lando neniam atingis la 400 mil pecojn. Tio estis 1-2 % de la tuta ŝpalaro. Ties kaŭzo estis unua-vice, ke la apliko de ferŝpaloj ĉiam estis malprofita pro la altaj enlandaj produktadkostoj.

Dum la paso de la tempo la aplika tereno de la fero, staranta je dispono limigite, deŝoviĝis. Pro tio post kelkaj jaroj en nia lando oni ĉesigis la aĉeton de ferŝpaloj.

La ferŝpaloj estis uzeblaj ne nur por laŭnormaj trakoj, sed ankaŭ por trakforkoj. La muntadon de tiuspecaj trakforkoj oni povis fari rapide kaj precize, ĉar la ŝpaloj havis vicmontran numeron kaj ĉiu ŝpalo havis sian definitan lokon laŭ preskribo de la interŝpala distanco.

La bona ferŝpala surkonstruaĵo havas avantaĝojn super la lignoŝpala. Kvankam ĝia funkciadaŭro estas 30 – 35 jaroj, kiu ne estas pli longa ol tiu de la lignoŝpaloj, tamen ĉe lignoŝpaloj de jaro al jaro estas bezonata sporada ŝpalŝanĝado, dum ĉe ferŝpaloj tiu ne okazas. La kontakto inter relo kaj ŝpalo estas

6. Armitaj betonŝpaloj (mallonge betonŝpaloj)

La armitan betonŝpalo *Joseph Monier* – laŭ sia profesio ĝardenisto en **Francio** - patentigis jam en 1884.

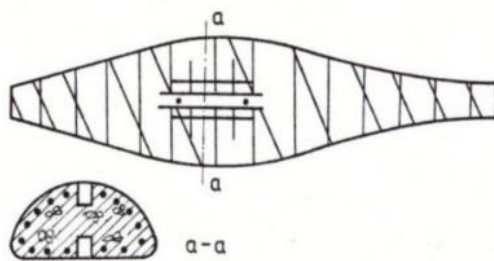


Fig. 16
La betonŝpalo de Monier

Italio estis malriĉa je ligno, pro tio tie rapide evoluis la betonŝpaloj, jam en 1900 okazis eksperimentoj pri uzo de armitaj betonŝpaloj. La italaj fervojoj sternis 500 betonŝpalojn en la jaro 1900, 10 mil pecojn en 1905 kaj 300 mil pecojn en 1906. Ili imitis la strukturon de la lignofibro, tiel en la betonon unue en kvin, poste en kvar tavoloj metis simplajn armajn enmetaĵojn sen ankra hoko. Ili preterlasis la mezurkalkuladon. La betonŝpaloj havis formon de biskvito.

La Italaj Ŝtatfervojoj en 1912 komencis uzi la betonŝpalojn *Ausano Cajo* kaj *Machiachine*-tipajn. Ĉi tiuj ankoraŭ ne estis mezurkalkulitaj

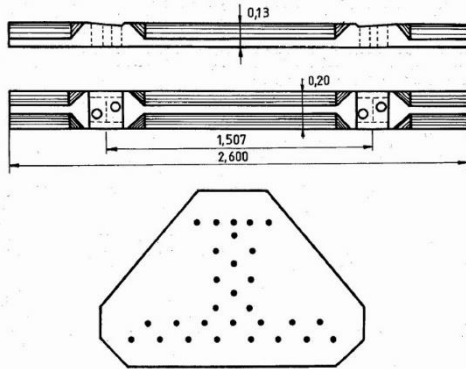


Fig. 17
Armita betonŝpalo produktita en Italio en 1900

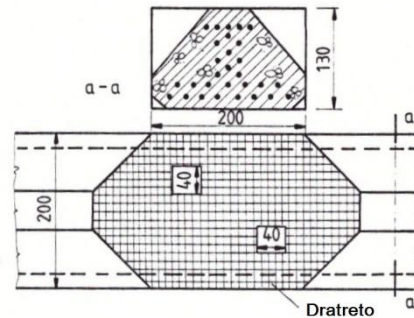


Fig. 18
Itala betonŝpalo, *Ausano Cajo* - tipa

Ĉi tiuj betonŝpaloj havis kvarangulajn kversekcojn sub la reloj, kiuj pluiris al la mezo kaj al la ekstremoj kun maldikiĝaj trapezformoj. La transiro inter la du kversekcoj ne estis bone solvita. La betonŝpalo per sia tuta malsupra surfaco kuŝis sur la balasto. En la betonŝpaloj estis lignaj enmetaĵoj, al kiuj estis fiksitaj la reloj per ŝpalkrampoj, kio ne estis bona solvo.

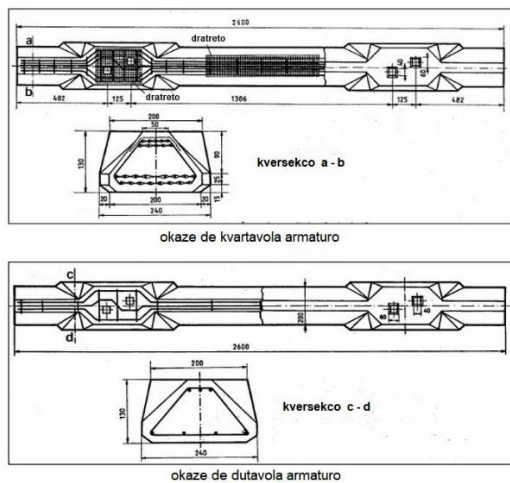


Fig. 19
Italtipa armita betonŝpalo de Hungaraj Ŝtatfervoj en 1908

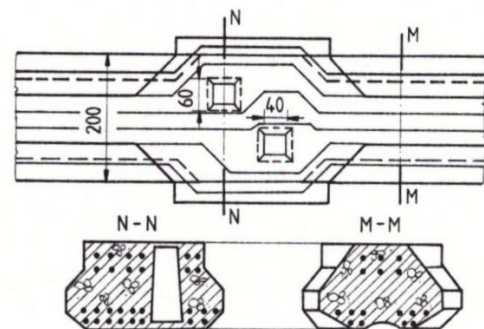


Fig. 20
Betonŝpalo *Bruckner*-tipa

En **Hungario** Hungaraj Ŝtatfervojoj unua-foje en 1908 sternis italtipajn armitajn betonŝpalojn. Trarigardante la historion kaj evoluon de la hejmlandaj armitaj betonŝpaloj estas diferencigeblaj tri periodoj:

- periodo de la eksperimentoj (1902 – 1919)
- periodo de la betonŝpaloj kun molferaj armaturoj (1920 – 1950)
- periodo de la prestreĉitaj betonŝpaloj (1950 – ĝis nun)

Memkompreneble la dua periodo eniris la trian.

En **Aŭstrio** en 1909 oni provis per uzo de betonŝpaloj *Bruckner*-tipaj, sed la provoj interrompiĝis. Ĉi tiun betonŝpalon projektis *Bruckner Mór* hungara inĝeniero. La formo de tiu betonŝpalo similis al tiu de la betonŝpalo *Machiachine*-tipa, aplikita en 1905 en Italio. La

betonŝpalo ĉe la loko de la subrela apogo estis pli larĝa, meze kaj ekstreme ĝi mallarĝiĝis. Ĉe la loko de la subrela apogo por ŝirmo de la surfaco en la supra parto de la betonŝpalo dratreto estis enbetonigita. En la supra kaj malsupra partoj de la betonŝpalo okupis lokon po du vicoj da armaj enmetaĵoj kiuj preteriris la lignajn enmetaĵojn servantajn la relfiksadon.

En **Anglio** en 1913 oni uzis la betonŝpalon *Simplex*-tipan, kiu similis al remilo kaj meze ĝi ne kuŝis sur la balaston. Tiel grandaj estis la ŝanĝoj inter la kvesekcoj ke rompiĝoj de la betono estis atendeblaj.

En **Francio** en 1927 aperis la betonŝpalo projektita de *Gaudin*, kiu havis kavan formon. Tiel oni klopodis preventi, ke la betonŝpalo inter la du reloj kuŝiĝu sur la balaston. La reloj estis fiksitaj al la betonŝpalo per ŝanĝeblaj kroĉiloj, kiuj ebligis malgrandajn movojn. Ĉi tiuj movoj diserigis la betonon. La materialo de la balasto eniĝinta en la kavon baris la movon de la betonŝpalo al direkto de la trakakso.

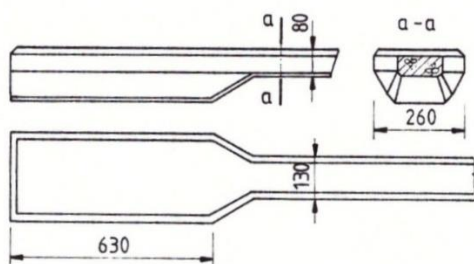


Fig.21

La angla betonŝpalo *Simplex*-tipa

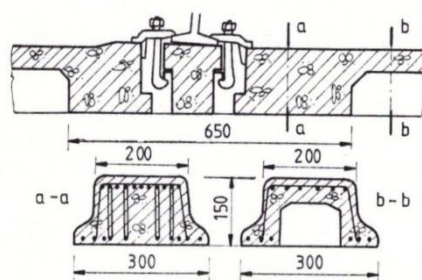


Fig.22

La franca betonŝpalo *Gaudin*-tipa

Estis ankaŭ alia eksperimento. En **Germanio** en 1912 oni komencis okupiĝi pri asbestona ŝpalo. La asbestono estis miksaĵo de asbesto kaj cemento, kiun oni metis en la ŝpalon anstataŭ ligna enmetaĵo. (asbestono = asbest[o] + [bet]ono). Oni menciis, kiel ĝian avantaĝon, ke ankaŭ ĝi estis iuspeca betono, do bone ligiĝis kun la betono, la armaturo simple trairis ĝin, kaj ĝi estis bone borebla.

La alia komenca tipo de la betonŝpaloj estis tiu, kiam oni metis betonblokojn sub la relojn, kiujn ŝpurskurigaj U aŭ L formaj profilŝtaloj kuntenis. (Dublokaj betonŝpaloj)

Unu el la plej malnovaj tipoj estas la betonŝpalo *Kymball*-tipa kiu unuafoje estis uzata en **Ameriko** en 1902, sur fervojlinio *Père-Marguette*. La subrelaj betonblokoj estis kunligitaj per

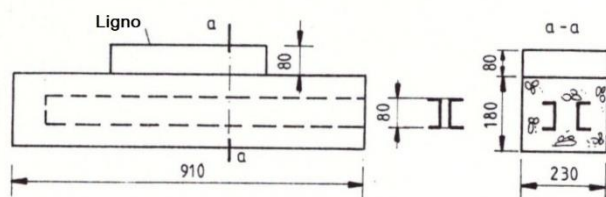


Fig. 23

Dubloka betonŝpalo *Kymball* -tipa

U formaj profilŝtaloj diametraj de 80 mm. La reloj estis fiksitaj al lignoplatoj 80 mm-ojn dikaj, kiujn oni fiksas al la betono per ŝraŭboj. La U formaj profilŝtaloj post ne longe difektiĝis pro la vaporo de la proksima maro. Ankaŭ la relfiksado estis difekta. En **Francio**, la *Vagneux*-tipa ŝpalo sub la relo estis plej larĝa. La relfiksaĵo estis iom pli favora. En la betonblokojn oni betonis

helicohavajn ŝtalingojn, en kiujn estis ŝraŭbitaj la ŝpalsŝraŭboj. La ŝpuro ne estis ŝanĝebla. Ĉi tiu sistemo disvastiĝis ĉe la francaj kaj svislandaj fervojoj, kie oni kun prefero aplikis ĝin eĉ ankoraŭ en 1944.

En **Italio** ĉe la fervojoj estis aplikitaj la *Valeri*-tipaj betonŝpaloj en iom pli granda kvanto inter 1922-1928. Laŭ ĉi tiu sistemo oni lokis pli grandajn armitajn betonblokojn, kiujn en la nivelo de la relpiedo kunligis bendoŝtaloj aŭ malfortaj L formaj profilŝtaloj. Ĉi tiu kunligo certigis nur la interrelan distancon, sed la relkliniĝon ne.

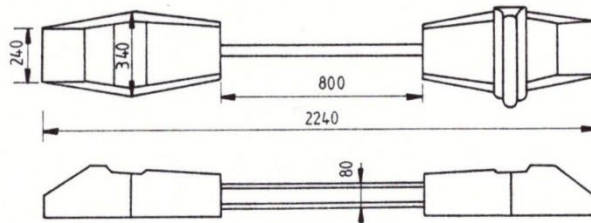


Fig. 24
Dubloka betonŝpalo Vagneux-tipa

En **Germanio** oni eksperimentis per uzo de *Lössl*-tipaj ŝpaloj. Ili diferencis de la *Valeri*-tipaj betonŝpaloj nur en tio, ke la kunligaj ŝtalelementoj estis lokitaj en la malsupran parton de la betonblokoj. Estis konstruita nur eksperimenta etapo, kies principaj difektoj estis similaj al tiu de la antaŭe menciita *Valeri*-tipa. Ili ne montriĝis taŭgaj.

En **Hindio** oni provis la *Green-Moore*-tipajn betonŝpalojn. La reloj estis fiksitaj al ŝtallamenoj

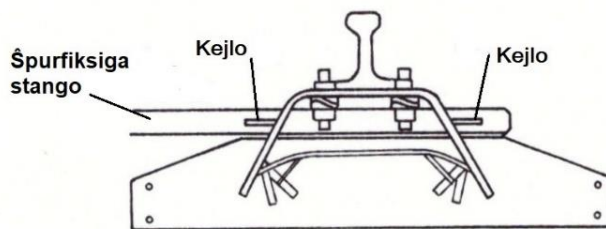


Fig. 25
Dubloka betonŝpalo Green-More-tipa

betonitaj en la memstarajn betonblokojn sed emerĝantaj el la betono. Per ĉi tiu solvo la celo estis elaste transdoni la dinamikajn efikojn al la betono. Pro la risortizado la betonitaj ŝtalelementoj malfiksiĝis. Nek la fiksado, nek la relkliniĝo estis bone solvitaj. Oni

atingis nur la eksperimentan staton

Komence la armitaj betonŝpaloj estis uzataj por anstataŭi la lignoŝpalojn. Tiutempe plej gravajn problemojn kaŭzis la krevadoj de la betonŝpaloj kaj solvo de la relfiksaĵoj.

La betonŝpalo konsistas el tri materialoj: betono, betonŝtalo kaj materialo de relfiksaĵo. La evoluon de la betonŝpaloj difinis ĉi tiuj materialoj. La malperfektaĵo de la betono estas ĝiaj rigideco kaj malgranda tira firmeco, pro tio jam dum la transporto, je la ŝpalosternado kaj malĝusta balastoŝtopado elformiĝis fendetoj. Komence ofta eraro estis, ke la meza parto de la ŝpalo kuŝis sur la balasto, kiu samtempe sub la reloj malkompaktiĝis, tiel la ŝpalo la subapogon ricevis meze („la ŝpalo rajdis sur la balasto”). En la supra parto de la ŝpalo estiĝis tira streĉo, kontraŭ kiu la ŝpalo ne havis reziston. Tio ĉiu-okaze kaŭzis fendojn, sekve difektiĝon de la ŝpalo. La problemojn spertitajn pro la betono oni provis solvi per modifo de formo de la ŝpaloj, per pli granda firmeco de la betono, fine per aplikado de streĉita betono. Pro la pli kaj plia disvastiĝo de la prestreĉado la uzado de la armitaj betonŝpaloj iĝis larĝskala.

Ekde apero de la unuaj betonŝpaloj la produkta teĥnologio de la betono grave evoluis. Oni kapablas produkti grandan mason de grandrezista garantieble bonkvalita betono.

Komence la betonŝpaloj estis produktitaj – simile al aliaj armitaj betonproduktaĵoj – kun molferaj armaturoj. Ĉi tiuj ŝtalmaterialoj estis samaj, kiuj estis uzataj ĝenerale en aliaj armitaj betonproduktaĵoj.

Por la prestreĉitaj betonŝpaloj depende de la teĥnologio de prestreĉado oni uzas ŝtalmaterialojn de diversaj diametraj. Por la antaŭhardiĝa prestreĉado oni uzas malgrand-diametrajn enmetaĵojn, Ø 2,5-3,0 mm-ojn kiujn mi mencias *ŝtalfadenoj*. Por la posthardiĝa prestreĉado estas uzataj enmetaĵoj kun pli grandaj diametroj Ø 9-12 mm. Por diferencii ĝin de la antaŭaj

mi nomos ilin *ŝtalvergoj*. La grupon de prestreĉitaj enmetaĵoj troviĝantaj en unu betonŝpalo en tridimensia loko preskribita de la planoj mi nomos *ŝtalfadena fasko*.

Por prestreĉa enmetaĵo estas uzebla ankaŭ *ŝtalfadenaro*, kiu konsistas el ŝtalfadenoj, kaj oni produktas ĝin per kunplektado de la ŝtalfadenoj. En la komerco estas aĉeteblaj ŝtalfadenaroj kunplektitaj el 3 aŭ 7 ŝtalfadenoj. La diametro de ĉi tiuj ŝtalfadenoj estas 2,5 mm.

Estis bezonata ankaŭ la plibonigo de kvanto de la betonŝtaloj, la evoluo de teorio de la dimensikalkulado, kaj ekkono de fortofunkciado en la ŝpalo.

La alia vundebla parto de la betonŝpaloj estas la relfiksaĵo. Rezulto de longaj eksperimentoj estis la ŝanĝebla, longviva enmetaĵo, pretigita el malmola ligno, kaj fine la plasta enmetaĵo.

Pro siaj pli grandaj pezoj la armitaj betonŝpaloj plibonigas la stabilecon de la trakoj, por senbreĉaj kunvelditaj trakoj pliigas la sekurecon kontraŭ trakdeformiĝo. Nun grandrapidajn relvojojn oni konstruas nur kun aplikado de armitaj betonŝpaloj. La armita betonŝpalo nun jam ne estas ilo por anstataŭi lignoŝpalon, sed ĝi estas moderna elemento de la fervoja surkonstruaĵo. La evoluigo de la armitaj betonŝpaloj dum longa tempo faris Hungaraj Ŝtatejoj. Poste ludis gravan rolon sur ĉi tiu tereno la produktisto *Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.* [*Pfleiderer Ŝtalbeton-industria Akcia societo en Lábatlan*]

6,1 Komparoj

La avantaĝoj de la betonŝpalo super la lignoŝpalo estas:

- ĝia funkciadaŭro estas preskaŭ duoble pli longa ol tiu de la lignoŝpalo (ĉirkaŭ 50 jaroj)
- ĝia maso estas duoble - trioble pli granda ol tiu de la lignoŝpalo
- ĝi ne putradas, ne fermentadas
- la dimensioj de ĝia kversekco estas pli grandaj, tiel la long- kaj transversdirektaj balastrezistoj estas pli favoraj
- La framorigideco de la trako estas pli granda
- pli rapide restariĝas la originala valoro de la balastrezisto, malpliiganta okaze de trakĝustigado
- la formo de ĝia kversekco estas elformebla pli favore
- ĝia akira prezo estas pli malgranda ol tiu de la lignoŝpalo
- ĝiaj surfacoj intertuŝiĝantaj kun la balasto estas grandaj (froto)
- ĝia antaŭfabrikado estas tute meĥanikizebla kaj tre produktiva

La malavantaĝoj de la betonŝpalo super la lignoŝpalo estas:

- estas pli malfacile movi ĝin mane, kaj la ŝanĝo de unuopa ŝpalo estas iom komplika
- ĝia produktado bezonas precizan laboron
- ĝi estas vundiĝema (okaze de eltrakiĝo)
- elformado de la transiroj (ŝpurlarĝigo, kliniĝo de la relo), uzo de gvidreloj bezonas specialajn tipojn de la betonŝpaloj

6,2 Klasifiko de la armitaj betonŝpaloj

La klasifiko de la armitaj betonŝpaloj povas okazi laŭ diversaj vidpunktoj. Ili estas:

6,21 Karaktero de la subrela apogo

- unubloka ŝpalo
- dubloka ŝpalo

6,22 Karaktero de la uzanta fervojo

- ŝpaloj de ĉefaj fervojoj
- ŝpaloj de provincaj, duarangaj fervojoj

6,23 Ŝpuro

- etŝpuraj ŝpaloj
- normalŝpuraj ŝpaloj
- largŝpuraj ŝpaloj

6,24 Strukturo de la relvojo

- laŭlongaj ŝpaloj
- transversaj ŝpaloj
- specialaj ŝpaloj

6,25 Streĉostato de la betono

- betono kun senstreĉa armaturo, alinome kun molfera armaturo
- prestreĉita betono. Antaŭ la betonado la armaturo estas streĉita en la ŝelaĵo
- post hardiĝo streĉita betono. La betono estas streĉita, kiel hardiĝinta betono, helpe de kabloj tiritaj tra kanaletoj en la betono kaj fine streĉitaj kaj ankritaj.

La uzataj betonŝpaloj de Hungaraj Ŝtatfervojoj estas prestreĉitaj antaŭ longe estis uzataj ankaŭ betonŝpaloj kun molfera armaturo

6,26 Tipoj de elementoj enkonstruitaj en la betonon por fiksi la relojn

- ankra metala enmetaĵo
- ligna enmetaĵo, kun formo de stumpa piramido
- ondumita ligna enmetaĵo
- helichava plasta enmetaĵo

6,27 Kliniĝo de la subrela surfaco

- la subrela surfaco de la ŝpalo estas horizontala. Ĉi-okaze oni uzas klinan relsidplaton.
- la subrela surfaco de la ŝpalo havas kliniĝon de 1:20. Ĉi-okaze estas bezonata horizontala (senklina) relsidplato.
- paralele al la Okcident-Eŭropaj celadoj, ankaŭ en Hungario kreskas la aplikado de subrela surfaco kun kliniĝo de 1:40. (La proporcio 1:40 aplikita sur modernaj, grandrapidaj relvojoj certigas pli favorajn kontaktojn inter la relo kaj radringo). Ĉe tiuj specaj ŝpaloj oni aplikas elastan relfiksadon, sen relsidplato.

6,3 Tipoj de la armitaj betonŝpaloj

6,31 Jam ne uzataj armitaj betonŝpaloj en Hungario

La eksperimenta epoko de Hungaraj Ŝtاتفervojoj daŭris ekde fino de la unua mondmilito ĝis komenco de la 1920-aj jaroj. Dum tiu tempo oni produktis nur kelkcent armitajn betonŝpalojn. Ili estis projektitaj por relspecoj **I** (42,8 kg/m), **c** (34,5 kg/m) kaj **i** (23,6 kg/m). Ekde 1921 el ĉi tiuj betonŝpaloj oni produktis po 10-15 mil pecojn jare. La maso de ĉi tiuj betonŝpaloj variis inter 200 kaj 240 kg, ilia longo estis 2,60 m escepte la produktitajn por la relspeco **i** (23,6 kg/m). Komence la longo de ĉi tiuj betonŝpaloj estis 2,20 m. Poste, kiam estis konfirmita ilia malfavora mallongeco, oni produktis ilin kun longo 2,50 m-ojn. En 1925 jam troviĝis en la relvojo pli ol 100 mil pecoj el ĉi tiuj ŝpaloj, ĉefe en eksterstaciaj sekcioj kaj en kaldronpurigaj trakoj. La reloj estis fiksitaj per ŝpalŝraŭboj enŝraŭbitaj en lignajn enmetaĵojn enbetonigitajn en la ŝpaloj. Sub la relojn oni metis relsidplatojn kelkfoje kun subrelaj poplaj intermetaĵoj.

6,3101 „C” kaj „E”-tipaj betonŝpaloj

Ili estis ellaboritaj kaj produktitaj en la 1930-aj kaj 1940-aj jaroj. La longo de la ŝpaloj estis 2,60 m, en ili estis enbetonitaj lignaj elementoj por fiksi la relojn. Inter la du tipoj la diferenco troviĝis en la armaturoj.

6,3102 „B”-tipa betonŝpalo

Ĉi tiun tipon projektis d-ro *Nemesdy József* en 1942. La formo kaj longo de ĉi tiu betonŝpalo diferencis de tiuj de la antaŭtempe produktitaj betonŝpaloj, ĝia longo malpliigis je 2,44 m, kaj maso estis 259 kg. La projektisto en la meza parto de la ŝpalo formis tn. ekonomian kavon, tiel la ŝpalo meze ne povas kuŝiĝi sur la balaston. El ĉi tiu ŝpaltipo Hungaraj Ŝtاتفervojoj produktigis 2,1 milionojn da pecoj.

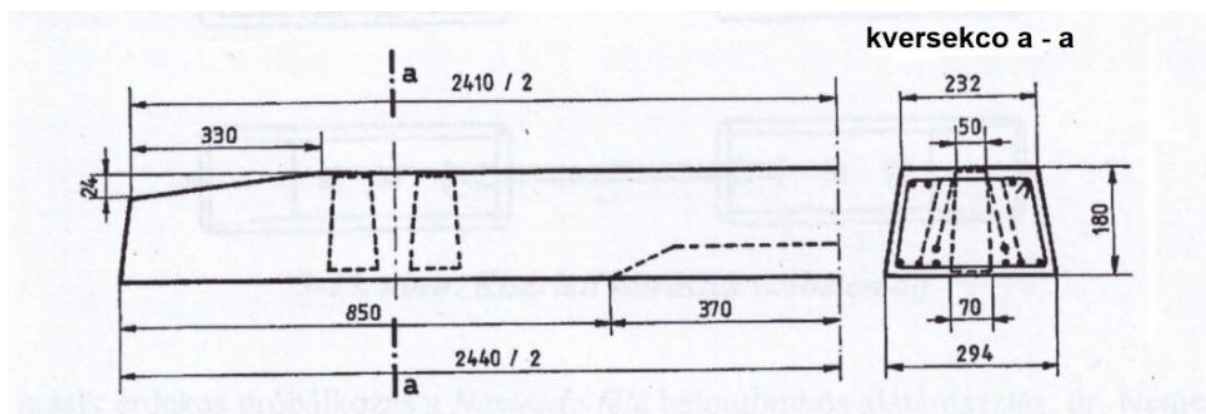


Fig. 26
La „B”-tipa betonŝpalo

6,3103 „U”-tipa betonŝpalo

En 1957, la „B”- tipajn betonŝpalojn oni ŝanĝis per „U”- tipaj. El tiuj ĝis 1964 estis produktitaj 1,7 milionoj da pecoj. Ankaŭ ĉi tiun tipon projektis d-ro *Nemesdy József*. Ĉi tiu tipo estis

konvena ankaŭ por la tiutempe plej granda relspeco **48** (48,3 kg/m). Oni rigardis ĝin universala, tial ĝi ricevis la nomon „U”.

La diferencoj kompare al la „B”-tipo estas:

- la marko de la betono, B 400 (laŭ Eurocode C25/30) anstataŭ B 280 (C16/20).
- ĝi havis kvar lignajn enmetaĵojn, kies supraĵo estis 80x50 mm. La relo estis fiksita al la ŝpaloj per ŝpalsraŭboj. (Ĝi ne estis konvena por uzo de disigita relfiksaĵo, nome por la GEO¹-tipa).
- la ŝarĝportkapabloj de ĉi tiuj ŝpaloj okaze de ŝpaldistanco de 77 cm, 40 cm-ojn dika balasto, rapido de 60 km/h, ĉe relspeco 48 estis 256 kN. Okaze de rapido de 100 km/h ĝi estis 216 kN.

Ĉi tiu tipo estis uzata ĉefe en ĉef- kaj branĉtrakoj de la stacioj. Per ĉi tiu tipo finiĝis en nia lando la produktado de betonŝpaloj kun molfera armaturo.

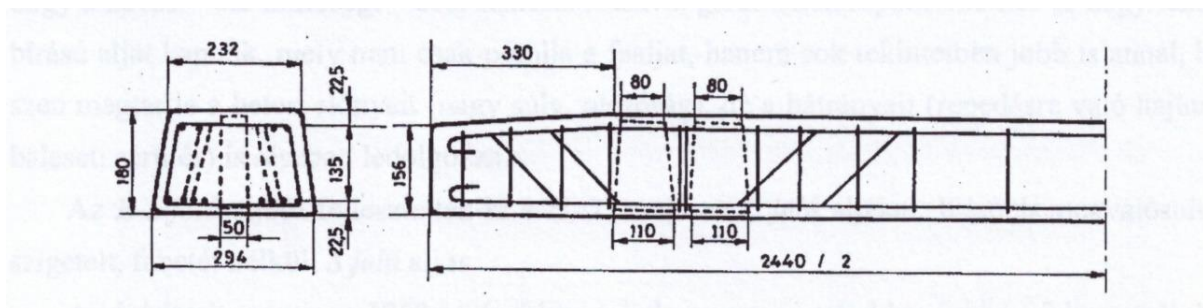


Fig. 27
La „U”-tipa betonŝpalo

6.3104 „e-E”-tipaj betonŝpaloj

La prestreĉita betonŝpalo de Hungaraj Ŝtاتفervojoj estiĝis rezulte de plur-jardekaj spertoj pri betonŝpaloj, la apero de grandrezista prestreĉa drato, laboratoriaj ekzamenoj kaj teoriaj konsideroj. El la laboratoriaj ekzamenoj estas mencienda la ekzameno de Svislanda EMPA (*Eidgenössische Materialprüfungs – und Versuchsanstalt für Industrie Banwesen und Gewerbe, Zürich*) pri hungaraj betonŝpaloj. En nia lando la unuan prestreĉitan betonŝpalon projektis *Rathing Ferenc*. Sekve lin inter 1949 kaj 1965, estas mencienda la evoluiga agado de *Kutasy Lajos* kaj *Bihari Károly*.

La unuaj en granda serio produktitaj prestreĉitaj betonŝpaloj estis la „e”-tipa (1949) kaj la „E”-tipa. Inter 1949 kaj 1963 el ili estis produktitaj 977 mil pecoj. Ili estis plimodernigitaj variantoj de la „U”-tipa betonŝpalo. En ĉiu estis ondumita prestreĉa ŝtalfadeno, diametra de 2,5 mm el 180.25 KB (laŭ Eurocode B 500) kvalita ŝtalo. En la „e”-tipa estis 48 ŝtalfadenoj, en la „E”-tipa 60. La ŝtalfadenoj estis prestreĉitaj ĝis 1150 MPa. La kvalito de la betono estis B 500 (C35/45)

Ankaŭ ĉi tiuj betonŝpaloj ne estis konvenaj por GEO-tipa relfiksaĵo.

La ŝarĝportkapabloj de „E”-tipaj ŝpaloj okaze de ŝpaldistanco de 77 cm, 40 cm-ojn dika balasto, rapido de 60 km/h, ĉe relspeco 48-tipa estis 272 kN. Okaze de rapido de 100 km/h ĝi estis 230 kN.

¹ Apartigita relfiksaĵo: la relsidplato estas fiksita al la ŝpalo per ŝpalsraŭboj kaj la relo estas fiksita al la relsidplato per aliaj fiksiloj. La relfiksaĵo, GEO-tipa, kiel en multaj landoj de Eŭropo ankaŭ en nia lando estis uzata. Ĝi estis la plej konata kaj plej disvastiĝinta. Ĝia hungara nomo devenas el mallongigo de la *Gesellschaft für Eisenbahn Oberbau* germana esprimo. En aliaj landoj oni nomas ĝin K (*Klemmplattenoberbau*) aŭ Fe-tipa.

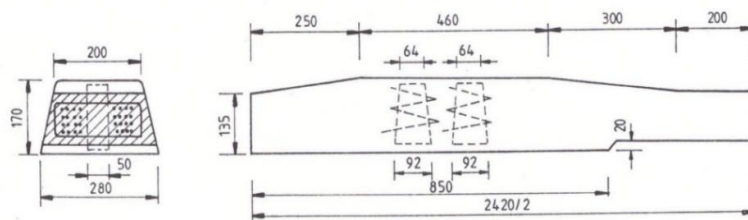


Fig. 28
La „E”-tipa betonŝpalo

6,3105 „T” kaj „H”-tipaj betonŝpaloj

La „T” kaj „H”-tipaj betonŝpaloj estis evoluigitaj el la „E” tipo. Ili estis la unuaj ĉefliniaj betonŝpaloj konvenaj por uzo de GEO-tipaj relfiksaĵoj. Por la senbreĉe kunvelditaj trakoj estis bezonataj betonŝpaloj kun GEO-tipaj relfiksaĵoj. Ĉe la „T” kaj „H” tipoj la subrela surfaco estis horizontala, tiel oni povis uzi samajn relsidplatojn kaj ŝpalŝraŭbojn kiujn por la lignoŝpaloj.

La „T”-tipaj betonŝpaloj ankoraŭ enhavis lignajn enmetaĵojn, nome 8 lignajn stumpajn piramidojn, tiel ili estis konvenaj por uzo de la GEO-tipaj relfiksaĵoj.

La ŝarĝportkapabloj de „T”-tipaj ŝpaloj okaze de ŝpaldistanco de 65 cm, 50 cm-ojn dika balasto, rapido de 100 km/h ĉe relspeco 48 estis 302 kN. Okaze de rapido de 120 km/h ĝi estis 272 kN. Inter 1961 kaj 1965 „T”-tipajn betonŝpalojn oni produktis 1,2 milionojn.

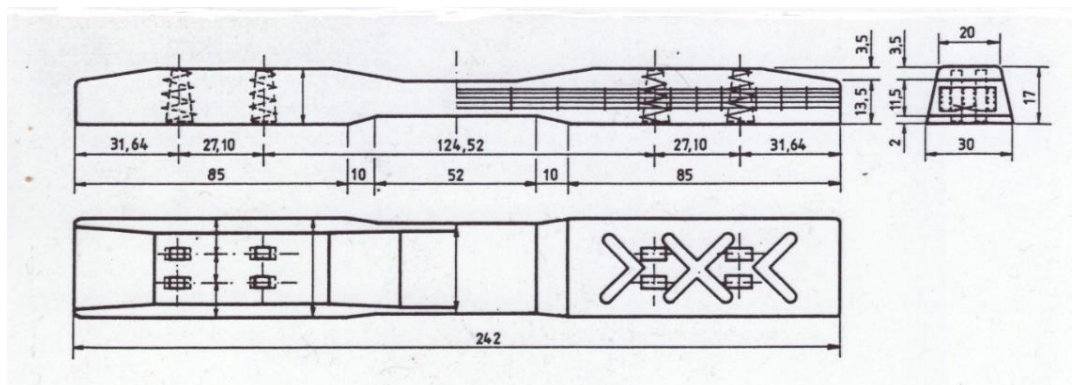


Fig. 29
La „T”-tipa betonŝpalo

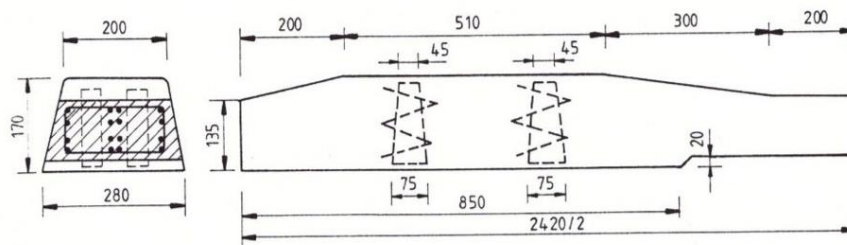


Fig. 30
La „H”-tipa betonŝpalo

La produktado de „H”- tipaj betonŝpaloj komenciĝis en 1958. En ĉi tiu tipo de la betonŝpaloj oni uzis unuafoje prestreĉan ŝtalvergon, diametran de 5 mm el 150.50 KB (laŭ Eurocode B 500)

kvalita ŝtalo. En la ŝpalo estis 16 prestreĉaj ŝtalvergoj kiuj estis prestreĉitaj ĝis 1050 MPa. La kversekco de la „H”-tipa betonŝpalo iomete diferencas de tiu de „T”-tipa betonŝpalo.

6,3106 „TU” kaj „TSZ”-tipaj betonŝpaloj

Ĉi tiuj tipoj estis produktitaj ekde 1964. Iliaj dimensioj kaj armaturoj estis samaj kiel tiuj de la „T” tipo, sed ili estis uzablaj por senpera relfiksaĵo.² La „TSZ” tipo estas tiu variaĵo de la „TU” tipo, kiu estis produktita por larĝŝpuraj trakoj. La diferenco inter ili troviĝas en la lokoj de la lignaj enmetaĵoj. El ĉi tiuj tipoj inter 1964 kaj 1981 oni produktis 2,7 milionojn.

6,3107 „L”-tipa betonŝpalo

Ekde la 1960-aj jaroj plirapidiĝis la eksperimentoj por produkti pli modernajn tipojn de la betonŝpaloj. La unua betonŝpalo, donanta favorajn spertojn, havanta taŭgan elektran izoladon, konvena por GEO-tipa relfiksaĵo estis la „L” tipo. Pro materialŝparado oni malpliigis la larĝon de la relsidplato, tiel ĝi estis fiksita al la ŝpalo per du ŝpalŝraŭboj (fortigitaj) – anstataŭ la ĝis nuna kvar – pro sama kaŭzo la novtipa relsidplato estis senklina. La subrela surfaco de la ŝpalo havas kliniĝon de 1:20. Anstataŭ la pli frue uzata stumpa piramido-forma ligna enmetaĵo oni aplikis ondumitan lignan enmetaĵon. Ties avantaĝo estis, ke ĉi tiu ligna enmetaĵo post forigo de la relsidplato estis ŝanĝebla de supre. Por la ŝanĝo de la lignaj enmetaĵoj ne estis necese forigi la betonŝpalojn el la trako. Por la elektra izolado de la relfiksaĵo oni metis elastan plaston platon sub la relsidplaton. El la „L”-tipaj betonŝpaloj inter 1963 kaj 1969 oni produktis 2,1 milionojn.

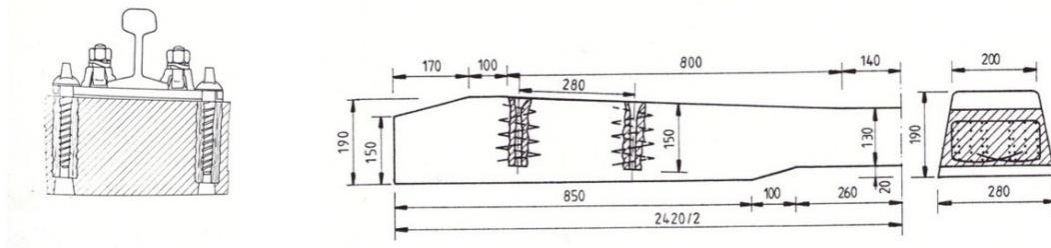


Fig. 31

La „L”-tipa betonŝpalo kun sia relfiksaĵo, GEO-tipa

6,3108 „LE”-tipa betonŝpalo

La „LE”-tipaj betonŝpaloj estis evoluigitaj el la „L” tipo, el kiuj oni produktis kaj sternis en la relvojon relative malmulte. Ĉi tiu tipo de la betonŝpaloj havis ventumil-formon.

6,3109 „LX”-tipa betonŝpalo

La „L”-tipaj betonŝpaloj estis evoluigitaj por surkonstruaĵ-sistemo 48-tipa (relo 48,3 kg/m). Ĉe la fino de la 1960-aj jaroj estis enkondukita la surkonstruaĵ-sistemo UIC 54-tipa (relo 54,4

² Senpera relfiksaĵo: sama ŝpalŝraŭbo fiksas al la ŝpalo kaj la relon kaj la relsidplaton.

kg/m). La larĝo de la relpiedo ĉe ĉi-lastaj estis pli granda je 20 mm-oj ol tiu de la 48-tipa. La „LX”-tipaj betonŝpaloj estis evoluigitaj el la „L”-tipo tiel, ke ili estu konvenaj por ambaŭ sistemoj. La „LX”-tipon Hungaraj Ŝtatfervojoj komencis uzi ekde 1968.

6,3110 „TX”-tipa betonŝpalo

Komence de la 1980-aj jaroj ĉe la rektaj relfiksaĵaj betonŝpaloj oni trairis de la produktado de „TU”-tipaj betonŝpaloj al la produktado de „TX”-tipaj. La diferenco inter la du tipoj troviĝis ĉe la malsupra surfaco de la ŝpaloj. La malsupran surfacon ĉe multaj tipoj de la betonŝpaloj oni komencis formi sama. Ĉi tiu tipigo servis la pliigon de la produkta kapacito.

6,3111 „LG”-tipa betonŝpalo

En 1988 aperis la deziro uzi iom pli ŝarĝportkapablan betonŝpalon. Pro tio oni faris eksperimentojn. La eksperimenta ŝpaltipo estis konvena por GEO-tipa relfiksaĵo, ĝia malsupra surfaco estis sama kiel tiu de aliaj tipigitaj betonŝpaloj, sed ĝia alto estis pli granda ol tiu de la tiam uzataj betonŝpaloj. El la „LG” tipo oni produktis 5000 pecojn.

6,3112 „LK”-tipa betonŝpalo

Ekde 1990 Hungaraj Ŝtatfervojoj enkondukis la relspecon UIC 60 (relo: 60,34 kg/m). La „LK”-tipa betonŝpalo estis projektita por la nova relo, kaj ĝi estis konvena por GEO-tipa relfiksaĵo. Pro siaj relative malgranda longo – 2,44 m – prisma formo, kaj pro la grandnombraj sed maldikaj ŝtalfadenoj kiel armaturo ĝi ne disvastiĝis sur la fervoja reto.

6,32 Uzataj armitaj betonŝpaloj de kutimaj trakoj en Hungario

6,321 „LM”-tipa betonŝpalo

Ekde la 1970-aj jaroj por eksperimentaj celoj en la „LX”-tipaj betonŝpaloj oni anstataŭigis la ondumitajn lignajn enmetaĵojn per helichavaj plastaj enmetaĵoj. Sekve la favorajn spertojn ekde 1978 ĉi tiujn betonŝpalojn oni produktas nur kun plastaj enmetaĵoj, kaj ili ricevis la tiponon „LM”. En Hungario ĉi tiu tipo estis produktita kaj sternita en la plej granda kvanto. Ja, post enkonduko de la UIC 60 tipa relspeco ĉe modernigo kaj rekonstruado de la ĉeflinioj la „LX”-tipaj betonŝpaloj jam ne estas uzataj. La „LM” tipon Hungaraj Ŝtatfervojoj komencis uzi ekde 1978.

6,322 „LI”-tipa betonŝpalo

En la etradiusaj kurbaj trakoj pro la pli grandaj transversaj fortoj la relfiksaĵo fiksita per du ŝpalŝraŭboj ne pruviĝis taŭga. Solvi la problemon ekde 1989 estas produktita la „LI” tipo, kies dimensioj estas samaj kiel tiuj de la „LG” tipo, sed po unu relsidplaton anstataŭ du ŝpalŝraŭboj fiksas kvar. Do en unu betonŝpalo troviĝas ok helichavaj plastaj enmetaĵoj.

6,323 „LW”-tipa betonŝpalo

Grava stacio estis en la historio de la ŝpalevoluigo la jaro 1990, kiam komenciĝis la produktado de la „LW”-tipa betonŝpalo. La nova ŝpaltipo estis pretigita por celoj de grandrapidaj relvojoj, ĝi estis projektita per kunlaboro de la Katedro pri Fervojkonstruado de Budapeŝta Tehnika Universitato, la Relvoja Servo de Hungaraj Ŝtatfervojoj kaj la Ŝtalbeton-industria Entrepreno en *Lábatlan*. Hungaraj Ŝtatfervojoj decidis pri senrelsidplata relfiksaĵo de reloj UIC 60. La longo de la ŝpalo estas 2,50 m-oj, ĝi havas ventumil-formon, do larĝiĝas de la mezo al la ekstretoj kaj estas konvena por relfiksaĵoj *SKL-1* kaj *SKL-14* tipaj La ŝarĝportkapablo de ĉi tiu tipo estas unu kaj duonobla de tiu de la „LM” tipo.

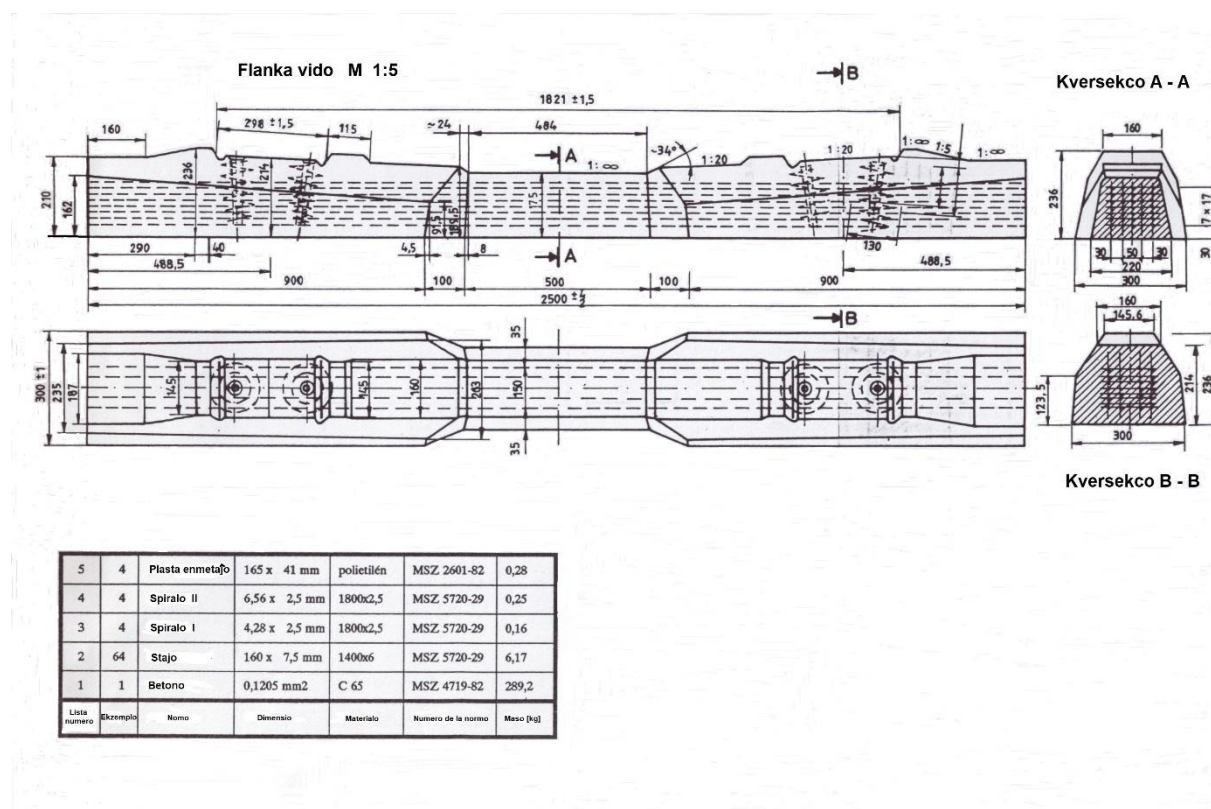


Fig. 32
La „LW”-tipa betonŝpalo

6,324 „TM-54”, „TM-48” kaj „TF”-tipaj betonŝpaloj

En la 1980-aj jaroj lige kun la modernigado de ĉeflinioj per la malkonstruado de la malnovaj trakoj en iom pli granda kvanto aperis regajnitaj reloj UIC 54 specaj. Ĉi tiuj reloj ankoraŭ estis bone uzablaj por renovigo de duarangaj linioj, staciaj trakoj, kaj aliaj lokoj. Altrudiĝis la deziro uzi ĉi tiujn relojn kun senpera relfiksaĵo. Pro tio anstataŭ la „TX”-tipaj betonŝpaloj estis enkondukitaj tri novaj tipoj. La „TM-54” tipo por la UIC 54 relspeco, la „TM-48” por la 48 kaj I relspecoj estis konvenaj, kun senpera relfiksaĵo sur sentraklarĝigaj traketaĵoj. La „TF”-tipa betonŝpalo estas konvena por c kaj i, relspecoj plue por traklarĝigaj traketaĵoj de 48, I, c kaj i relspecoj. La dimensioj de „TM-54” kaj „TM-48” tipoj estas samaj al tiuj de la „LM” tipo, la fiksadon de la ŝpalŝraŭboj servas helichavaj plastaj enmetaĵoj. La formo de la „TF” tipo estas alia. Ĝi similas al tiu de la „TX” tipo, sed ĝia malsupra surfaco estas ebena. La fiksadon de la

ŝpalŝraŭboj servas ligna enmetaĵo kun formo de stumpa piramido. (Nun en Hungario ĉi tiu tipo estas la sola, kiu estas produktita kun ligna enmetaĵo).

6,33 Uzataj specialaj armitaj betonŝpaloj de kutimaj trakoj

6,331 „LSZ”-tipa betonŝpalo

Ĉi tiu tipo estas produktata por larĝŝpuraj trakoj. Ĝi estas varianto de la „LG” tipo, kies longo estis pliigita je 2,70 m-oj. Ĝi estas konvena por GEO-tipa relfiksaĵo. La „LSZ” tipon oni produktis por ŝanĝi la „TSZ” tipon.

6,332 „FV”-tipa betonŝpalo

La „FV”- tipa betonŝpalo aperis en 1988, por interpenetritaj trakoj. Ĝiaj dimensioj samas al tiuj de la „LG” tipo, escepte la longon, kiu estas 2,90 m-oj. Sur ĉi tiujn ŝpalojn oni povas fiksi kvar relojn per GEO-tipaj relfiksaĵoj.

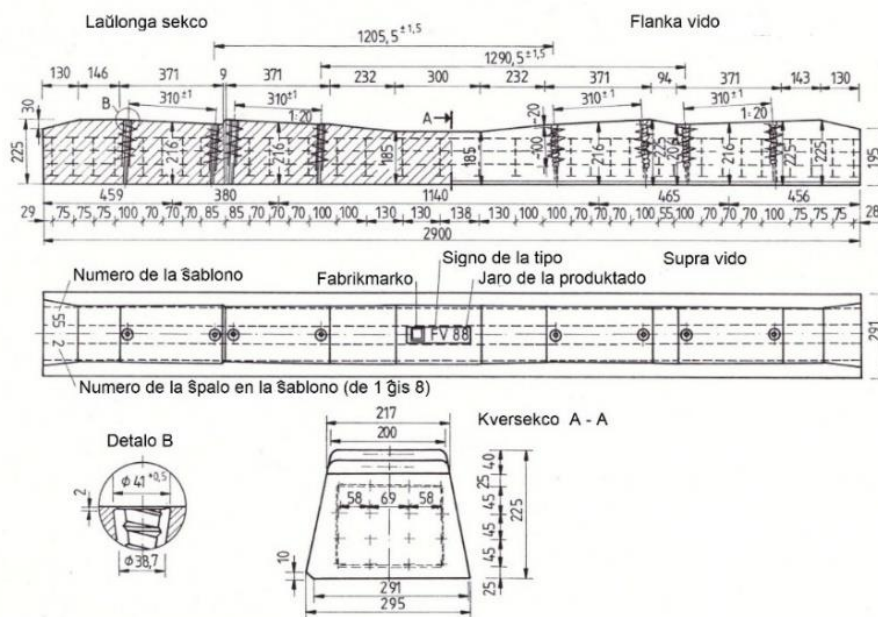


Fig. 33
La „FV”-tipa betonŝpalo

6,333 „LT”. „LT-1”, „LT-2”, „LT-3”-tipaj betonŝpaloj

La gvidrela surkonstruaĵo ĝis 1990 estis konstruebla nur kun lignoŝpaloj. Tio estis malfavora, ĉar la lignoŝpalaj traketaĵoj malbonigis la homogenecon de la relvojo. Tiam estis projektita la betonŝpala familio „LT”-tipa, kiu kunportis teĥnike seneraran solvon por la fiksado de gvidreloj en betonŝpalaj relvojoj. Ĉi tiuj ŝpaloj estis modifitaj variaĵoj de la „LM” tipo, ilia malsupra surfaco estas ebena.

La reloj de la trako estas fiksataj per GEO-tipa relfiksaĵo kaj la gvidreloj per senpera relfiksaĵo. La „LT”-tipaj betonŝpaloj kuŝas en la protektenda traketaĵo kaj la distanco inter la trakrelo kaj la gvidrelo estas 250 mm-oj.

La „LT-1”, „LT-2”, kaj „LT-3” tipoj servas la precizan entiron de la gvidreloj.

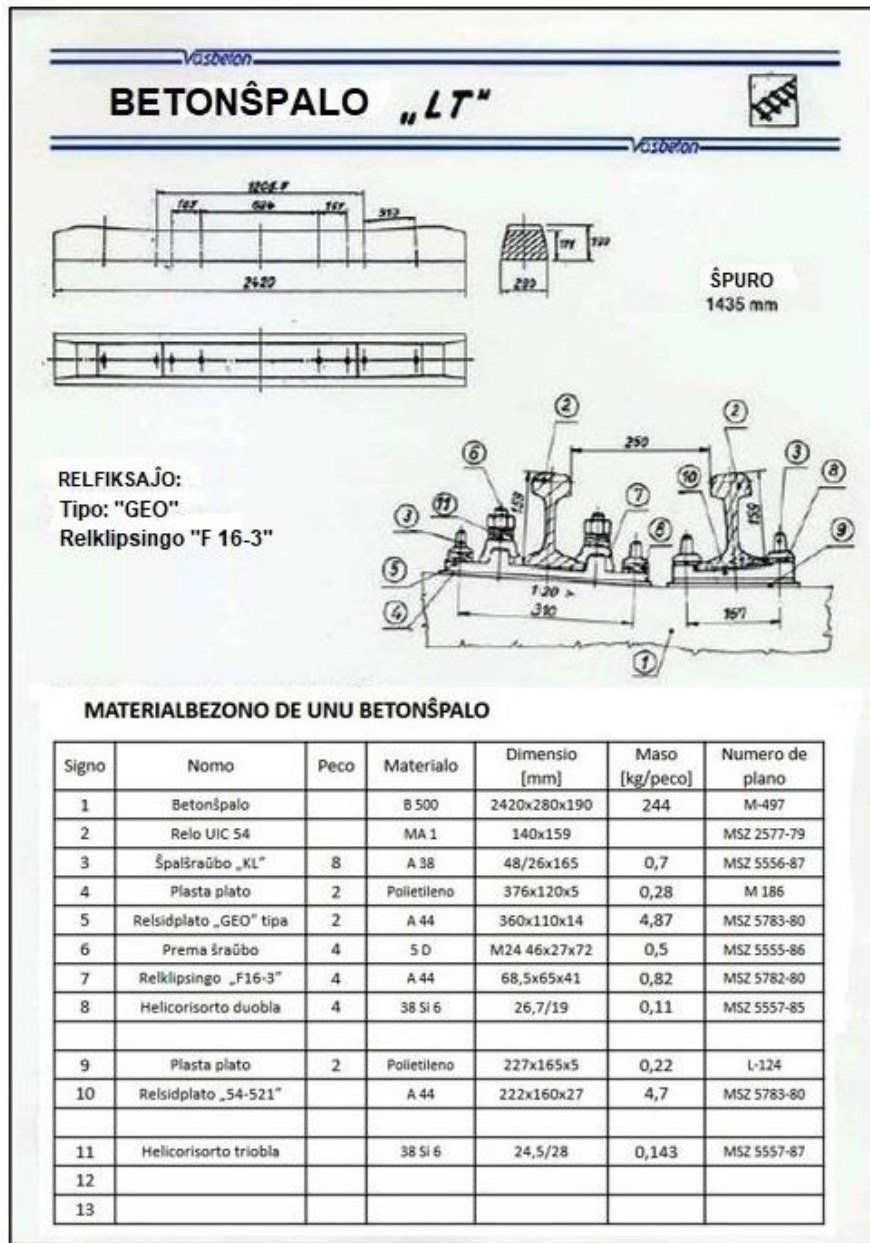


Fig. 34
La „LT”-tipa betonŝpalo kun relfiksaĵo

6,34 Betonŝpaloj de trakforkoj

Betonŝpalan apogon sub trakforkoj unuafoje aplikis la itala fervojo. En Italio jam en 1906 oni produktis betonŝpalojn por trakforkoj. La unuaj betonŝpalaj trakforkoj estis sternitaj en fervojstacio *Pistoja*.

En Hungario la ideo apliki betonŝpalojn anstataŭ grandmezuraj trakforkaj lignoŝpaloj aperis unuafoje en 1928. Pri tio temis la fakartikolo de *Ruzitska Lajos*. Por la diverslokaj relfiksaĵoj

troviĝantaj en la trakforkaj betonŝpaloj oni projektis enmetaĵojn el azbestono. Per ĉi tiuj trakforkaj betonŝpaloj okazis ankaŭ laboratoriaj provoj kaj ekzamenoj. Ĝis la 1960-aj jaroj eĉ la avantgardaj fervojoj ne klopodis pri evoluigo de trakforkaj betonŝpaloj, ĉar la trakforkoj donis neglekteblan kvanton de la relvojo. Pli gravaj ekzamenoj en Anglio komenciĝis en la 1960-aj jaroj. La unuan betonŝpalan trakforkon oni sternis en 1967, ĉe la fervojo *London Midland*, tamen la sternado de betonŝpalaj trakforkoj ĉe la Angla Fervojo disvastiĝis en pli granda kvanto post 1971. La unuan betonŝpalan trakforkon la fervojoj sternis en Svedio en 1971, en la Germana Federacia Respubliko en 1981, en la Germana Demokratia Respubliko en 1983 kaj en Aŭstrio en 1984. En Hungario oni komencis projekti betonŝpalan trakforkon en 1983, kaj la unuaj du tiuspecaj trakforkoj estis sternitaj en la unua duono de jaro 1984. Pro la variaj lokoj de la relfiksaĵoj por la unuaj du prototipoj estis pretigitaj 47 betonŝpaloj kun 9 diversaj longoj. Iliaj longoj ŝanĝiĝis inter 2,53 kaj 4,35 m-oj, kaj kun sama longo estis pretigitaj 3 – 7 pecoj. Pro la diversaj longoj la longo de la ŝablonoj kaj ankaŭ la loko de la relfiksaj enmetaĵoj ŝanĝiĝis.

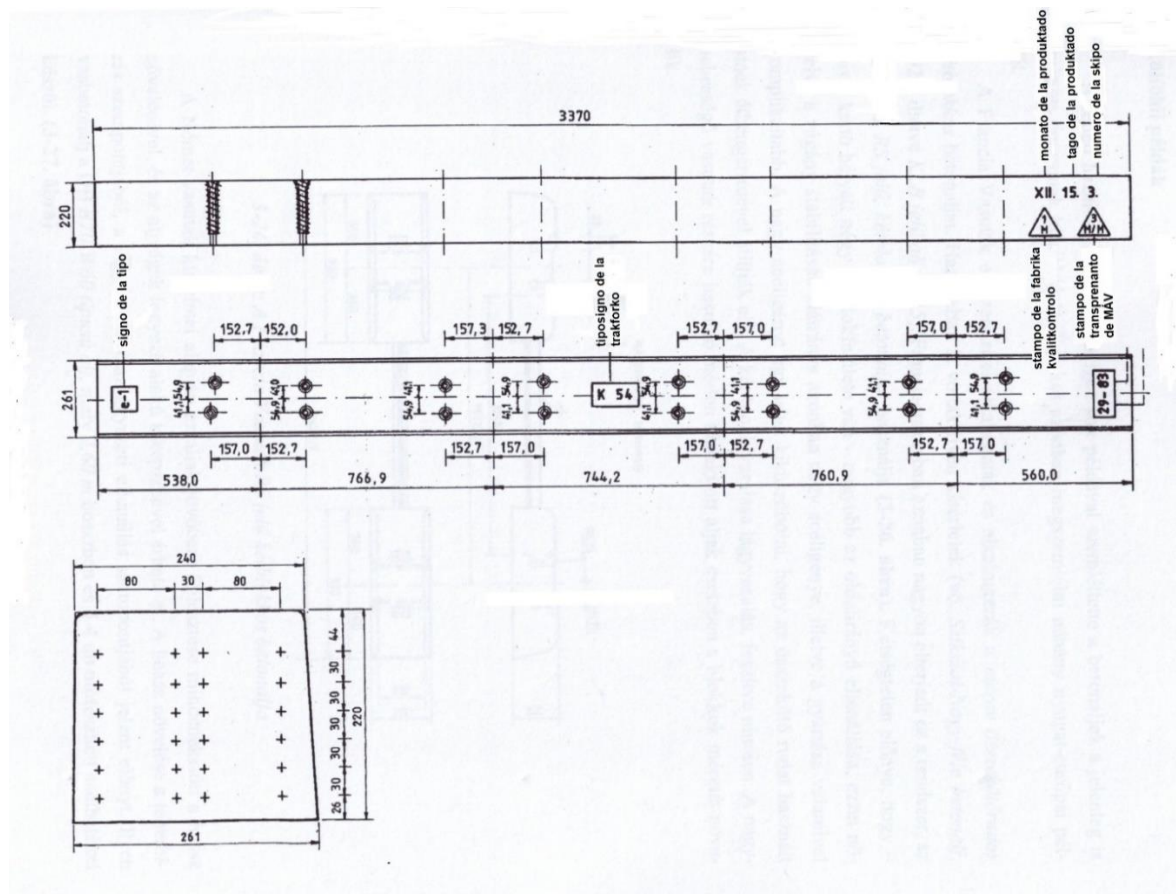


Fig. 35
Betonŝpalo de trakferko

La kversekaj dimensioj de la betonŝpaloj ĉe ĉiu ŝpalo kaj en ĉiu kversekco estis samaj. Ĉe la kalkulado de la streĉoj oni povintus projekti diversajn kversekcojn konvene al la loko de la ŝpalo en la trakferko. Pro plifaciligado de la produktado estis pretigitaj ĉiuj ŝpaloj kun samaj kversekcoj. (Ĉe la produktado por ĉiu ŝpalo oni povis uzi saman ŝablonon.) Tiu metodo estas uzata ĉe produktado de betonŝpalaj trakferkoj ankaŭ ĉe multaj eksterlandaj fervojoj.

La kversekcaj dimensioj de la betonŝpaloj estis projektitaj tiel, ke la ŝarĝportkapablo de la ŝpalo estu sufiĉa eĉ ĉe la plej longa ŝpalo kaj ĉe la loko de la plej granda streĉo.

La malsupra larĝo de la betonŝpalo estas 260 mm, la supra estas 240 mm, kaj 220 mm estas ĝia alto. Unu betonŝpalo enhavas en kvar kolumnoj 24 pecojn da noĉitaj ŝtalfadenoj kun diametro de 6 mm. La disaranĝo de la ŝtalfadenoj estis solvita tiel, ke la plastaj enmetaĵoj troviĝantaj en la unuopaj betonŝpaloj en diversaj lokoj estu lokeblaj inter la ŝtalfadenoj inter samaj kolumnoj. Ĉe la ekstremoj de la betonŝpaloj por bari la formiĝon de laŭlongaj fendoj oni uzas fortigitajn jugetojn lokitajn pli dense.

La prestreĉa forto estas 606,8 kN (kompare kun tiu de la „LM”-tipaj betonŝpaloj kiu estas 339,25 kN) La marko de la betono estas B 550. (laŭ Eurocode C35/45). La ŝarĝportkapablo por pozitiva momanto estas 32,1 kNm (ĉe la „LM”-tipaj betonŝpaloj 15,7 kNm) por negativa momanto estas 23,8 kNm (ĉe la „LM”-tipaj betonŝpaloj 13,5 kNm). Pro la diversaj longoj ankaŭ la maso de la betonŝpaloj estas diversa. La maso de la betonŝpaloj estas po 139,5 kg por metro.

6,35 Transiraj betonŝpaloj

En la trakforkoj produktitaj en Hungario ĉe la fiksreloj kaj trakreloj ne estas relkliniĝo, do la relpiedoj estas horizontalaj. Pro tio estas bezonate uzi transirajn betonŝpalojn inter la trakforko kaj la aliĝanta trako. Ĝis kiam ĉi tiuj transiraj betonŝpaloj ne ekzistis, oni solvis la transiron per uzo de lignoŝpaloj, kiu ne servis la deziritan homogenecon de la relvojo.

Simila tasko estis okaze de la etradiusaj kurboj la transiro de la traklarĝigo. La bazo de formo, dimensio kaj armaturo de diversaj ĉiuspecaj transiraj betonŝpaloj estas la „LM” tipo.

6,351 Betonŝpalo (horizontala) sen relkliniĝo

Oni devas formi traketaĵon sen relkliniĝo inter du trakforkoj, se la distanco inter ili estas malpli ol 40 m. Ĉi-okaze estas uzenda „LM/V”-tipa betonŝpalo kies subrela surfaco estas horizontala.

6,352 Betonŝpaloj servantaj transiron de la relkliniĝo

Ĉe la renkontiĝo de la trakforko kaj trako kun relkliniĝo 1:20, por la transiro oni uzas „LM/1”, „LM/2”, „LM/3” kaj „LM/4”-tipajn betonŝpalojn. La transiro efektiviĝas per ĉi tiuj kvar betonŝpaloj laŭgrade. La unua betonŝpalo antaŭ la trakforko (aŭ sekve ĝin) ankoraŭ estas horizontala „LM/V”-tipa. La betonŝpaloj ĝin sekvantaj laŭ vico estas kun kliniĝo „LM/1” (1:100), „LM/2” (1:50), „LM/3” (1:33) kaj „LM/4” (1:25). Poste jam sekvas la kutimaj betonŝpaloj kun kliniĝo 1:20.

6,353 Mallongigitaj betonŝpaloj

En la traketaĵoj aliĝantaj al la fino de la trakforkoj ne estas lokeblaj la betonŝpaloj unu apud la alian kun normala longo, pro tio oni devas mallongigi iliajn ekstremojn. Se ĉi tiuj betonŝpaloj ebligas la transiron de la relkliniĝo el ili la troviĝantaj pli proksime al fino de la trakforko oni mallongigas je 20-20 cm, la pli malproksimajn je 15-15 cm. Por distingi ilin ili havas markojn „R/1”, „R/2”, „R/3” kaj „R/4”.

Se al la fino de la trakforko aliĝas horizontalaj betonŝpaloj ili estas mallongigitaj unu post la alia je 20-15-10-5 cm. Ĉi tiuj betonŝpaloj havas la markojn „V-20”, „V-15”, „V-10” kaj „V-5”. Povas okazi, ke la normalaj „LM”- tipaj betonŝpaloj sekvantaj la transirajn betonŝpalojn aliĝantaj al la fino de la trakforko bezonas mallongigon. Por tiu celo oni produktas mallongigitajn specojn je 10 kaj 5 cm el ĉi tiu tipo. Iliaj markoj estas „LM-10” kaj „LM-5”.

6,354 Traklarĝigo

Ofte okazas, ke al la komenco aŭ fino de la trakforko aliĝas etradiusa kurbo ($R=250-299$ m), en kiu oni devas apliki traklarĝigon. En la etradiusaj kurboj depende de la dimensio de radiuso per la traklarĝigo oni pliigas la ŝpuron je 5-10 mm. Por tiu celo oni devas apliki la traklarĝigitajn variantojn de la menciitaj transiraj betonŝpaloj. Ilia marko ricevas la kompletigan signon „+5”. Ekzemple la horizontala betonŝpalo mallongigita je 20 cm ricevas la signon „V-20+5”. Ĉe la transiraj betonŝpaloj la signo „-” ĉiam signas la dimension de la mallongigo, la signo „+” ĉiam tiun de la traklarĝigo.

Se la dimensio de la radiuso estas pli malgranda ($R=200-249$ m), la preskribita dimensio de la traklarĝigo estas pli ol 5 mm.

Ankaŭ por la elformado de la pli granda traklarĝigo estas uzendaj betonŝpaloj havantaj signon „+5”. La bezonatan pluson de traklarĝigo oni formas per forŝovo de truoj de la relsidpalto. La tiuspecajn relsidplatojn oni nomas malnormalaj relsidplatoj.

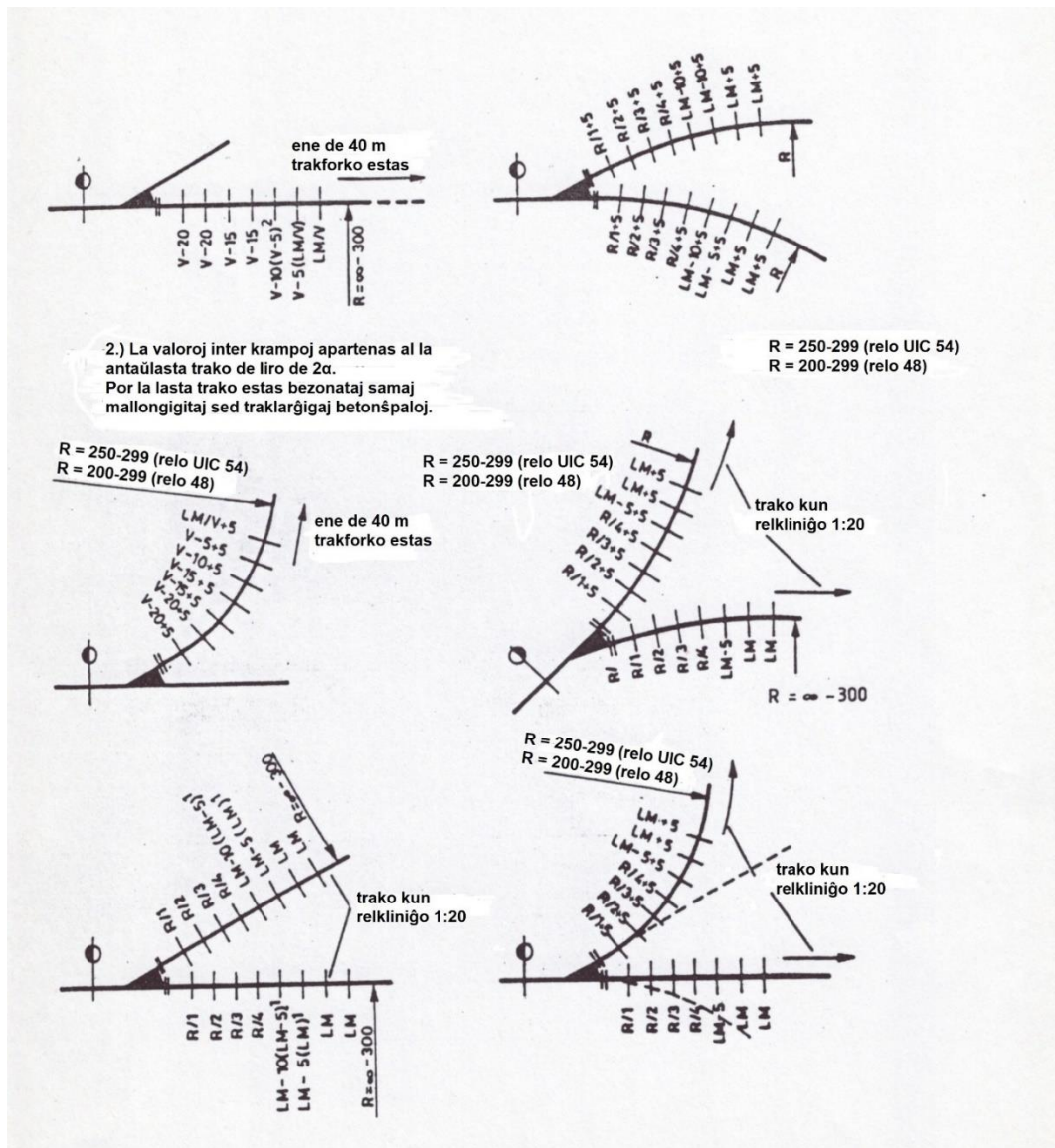


Fig. 36

Apliko de transiraj betonŝpaloj malantaŭ trakforkoj

Ĉe la realigo de trakoj ĉefe en ĉirkaŭaĵo de trakforkoj oni uzas diversajn transirajn betonŝpalojn, kiuj estas multspecaj. Estas utile, se la unuopaj tipoj estas facile identigeblaj. Tiucele la produktistoj elformis kaj uzas signosistemon por la transiraj betonŝpaloj.

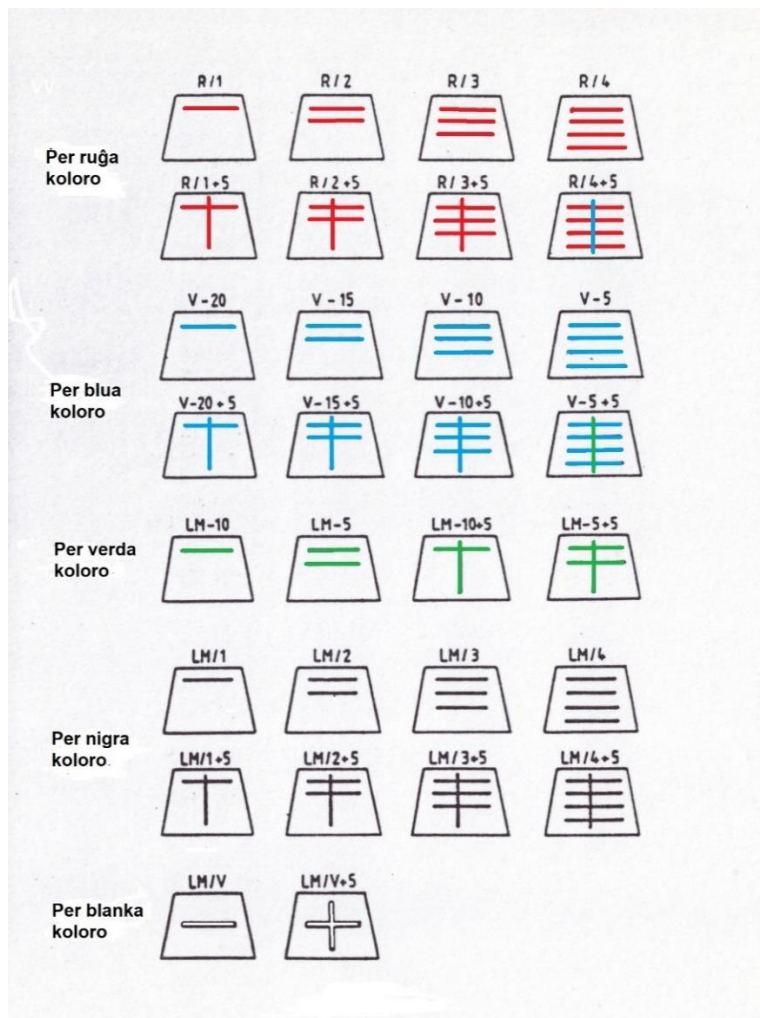


Fig. 37
Signosistemo de la transiraj betonŝpaloj

6,36 Eksterlandaj betonŝpaloj

6,361 La germana B 70 -tipa betonŝpalo

La laŭnorma betonŝpalo, uzata de la germanaj fervojoj estas la B 70 tipo, kiun oni produktas en du variantoj en formoj de antaŭhardiĝa aŭ posthardiĝa prestreĉado. La formo de la betonŝpalo estas ventumileca. La surfacoj sub la reloj estas simetriaj. La negativaj momantoj estiĝantaj meze de la betonŝpalo estas malpli grandaj ol tiu de alitipaj betonŝpaloj.

La betonŝpaloj estas produktitaj kun la sekvaj variantoj de armaturo:

- 8 pecoj, Ø 6,9 mm, materialkvalito St 1375/1570 prestreĉaj ŝtalvergoj kun ankraj platoj
- 4 pecoj, Ø 9,7 mm, materialkvalito St 1375/1570 kun posthardiĝa prestreĉado

- 4 pecoj, Ø 10,0 mm, materialkvalito St 1420/1570 prestreĉaj ŝtalvergoj kun adhera ankra enmetaĵo
- 4 pecoj, Ø 12,0 mm, materialkvalito St 885/1080 noĉitaj ŝtalvergoj

En multaj landoj de la mondo oni uzas diverstipajn variantojn de B 70 betonŝpalo, adaptiĝante al la normoj de la koncernanta lando. Ilia vastskala disvastiĝo estas dankebla al tio, ke ili estas uzeblaj same por ŝanĝo de relvoja surkonstruaĵo, por modernigado kaj por konstruado de novaj fervojlinioj. Ili estas facile akireblaj, kaj produkteblaj en granda kvanto dum mallonga tempo.

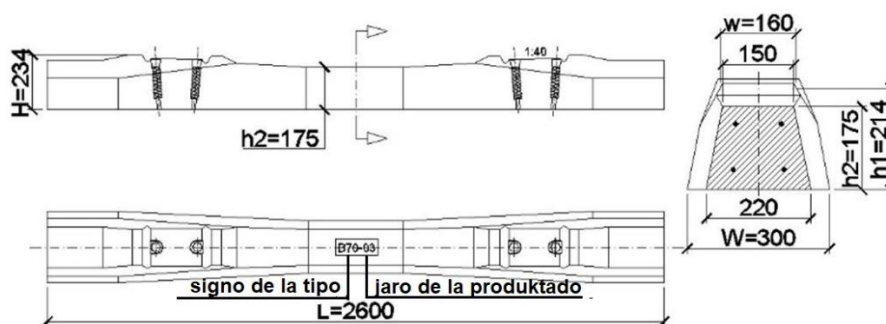


Fig. 38
La germana B 70 -tipa betonŝpalo

Germanio liveras eksterlanden preskaŭ po 1 milionon da B 70 -tipaj betonŝpaloj jare. Krom tio oni produktas 1 milionon da B 70 -tipaj betonŝpaloj en Hungario, Rumanio, Turkio, Hispanio, Saudio kaj Sud-Koreio.

Ankaŭ en Eŭropo disvastiĝis la B 70 -tipaj betonŝpaloj, kiuj estas bone uzeblaj en la Eŭropa, miksita ekspluata sistemo, kie saman relvojon uzas rapidtrafikaj pasaĝertrajnoj, kaj la iom malrapidaj vartrajnoj.

Surbaze de la eksperimentoj de la germanaj fervojoj ankaŭ aliaj fervojaj societoj de Eŭropo provadis pri evoluigoj. Laŭ la germana modelo oni eksperimentas per pliigo de la longo, kaj per la ventumileca formo. La pliigo de la longo estas favora por la ŝarĝportkapablo, la ventumileca formo por la balastrezisto.

La betonŝpaloj produktitaj laŭ modelo de B 70 -tipaj betonŝpaloj en Eŭropo estas:

- Hungario LW kaj LM
- Rumanio T 00
- Pollando PS-94
- Hispanio AI-04
- Nederlando NS-90

6,362 La angla F 40 -tipa betonŝpalo

Ĉe la anglaj fervojoj la evoluigon de la F 40 -tipa betonŝpalo antaŭis larĝskalaj kaj detalaj esploroj. Ĉe la F 27 - tipaj betonŝpaloj, uzitaj ĝis 1977 ekde mezo de la 1970-aj jaroj aperis ne atenditaj malnormalecoj. En la kversekcoj de la betonŝpaloj ĉe la subrelaj lokoj aperis fendoj. Malbonigis la situacion, ke okaze de la ŝanĝo de relvoja surkonstruaĵo la sternado de la betonŝpaloj per grupoj estis komplika. Je la projektado de la F 40 -tipa betonŝpalo konante la menciitajn problemojn, oni konsideris la sekvajn vidpunktojn:

- la longon de la betonŝpalo determinas la ankrolongo de la prestreĉa armaturo

- malpli granda balastopremo, kiun oni atingis per plilarĝigo de la malsupra surfaco
- pli granda ŝarĝportkapablo por la negativa momanto, kiu bezonis la plialtigon de la pezocentro de la prestreĉa forto en la subrela kversekco

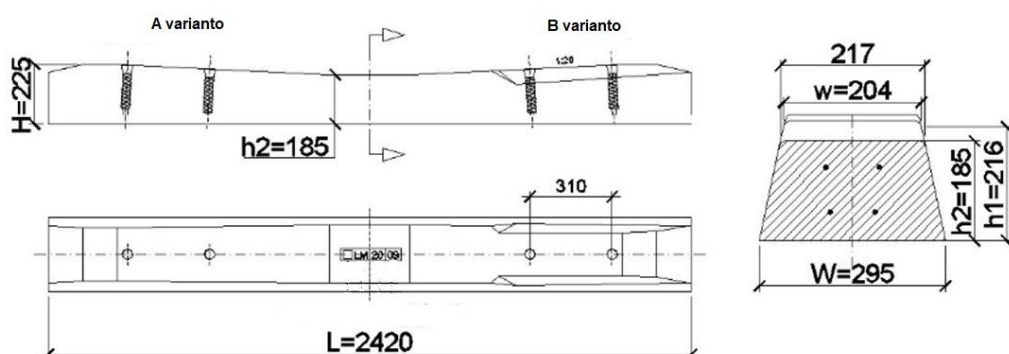


Fig. 39
La angla F 40 -tipa betonŝpalo

Tabelo 2

Teknikaj karakterizaĵoj de kelkaj Eŭropaj betonŝpaloj

	Mezurunuoj	B 70	LW	LM	T 00	PS-94	AI-04	NS-90	F 40
Ŝarĝo radaksa	kN	250	225	225	250	250	250	250	225
Maksimuma rapido	km/h	230	200	140	200	250	350	250	200
Maso	kg	282	296	253	300	294	325	276	312
Longo (L)	mm	2400	2500	2420	2600	2600	2600	2520	2420
Larĝo (W)	mm	300	300	280	300	300	300	300	295
Alto (H)	mm	234	232	190	241	235	267	232,9	225
Alto sub la reloj (h ₁)	mm	214	214	181	217	229	237	214	216
Alto meze de la ŝpalo (h ₂)	mm	175	175	150	182	180	210	175	185
Kvalito de la betono		C 50/60	C 45/55	C 50/60	C 50/60	C 50/60	C 50/60	C 50/60	
Volumeno de la betono	l	104	120,5	99,8	119	120	133	112	
Surfaco tuŝanta la balaston	cm ²	6801	7019	6776	6800	6805	6856	6537	7139
Ŝpuro	mm	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435
Relkliniĝo		1:40	1:20 1:40	1:20					1:20 1:40
Reltipo		UIC 60	UIC 60	UIC 60 UIC 54 S 49, 48, Ri					UIC 54 S 49 48, Ri
Tipo de la relfiksaĵo		Sk1-14 E-clip	Sk1-1 Sk1-14	Sk1-2 Pandrol GEO					Sk1-1 Sk1-14 GEO

6,363 La aŭstra latisa betonŝpalo.

Kiel ankaŭ la nomo spegulas, ĉi tiu speco de la betonŝpaloj formiĝis el alojiĝo de la transversaj kaj laŭlongaj specoj. Tiel la reloj estas apogitaj ne nur ĉe la kvar angulpunktoj de la latiso, sed

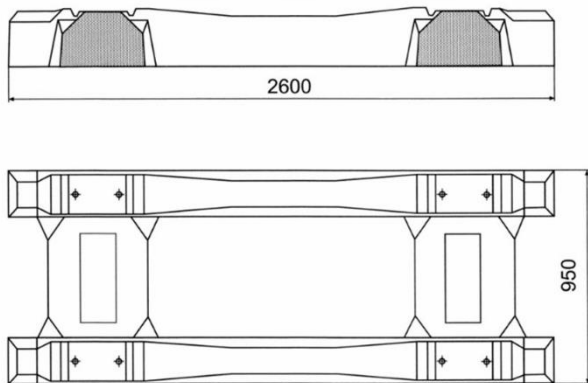


Fig. 40
La aŭstra latisa betonŝpalo

fabrika produktado kaj la meĥanizita sternado.

Ĉi tiu speco de la betonŝpaloj troviĝas ĉefe en Aŭstrio, sed ankaŭ aliaj landoj uzas aŭ esploras ĝin.

ankaŭ en la longa direkto de la latisa strukturo. La najbaraj latisaj ŝpaloj troviĝas en malgranda distanco unu de alia, sekurigante tiel la stabilecon de la reloj respektive ilian kontinuan apogon en longa direkto. La alia granda avantaĝo de ĉi tiu sistemo super la kutimaj betonŝpaloj estas, la malpliigo de la premo devenanta de la veturiloj kaj transdonanta al la balasto (laŭ kalkuloj je 50 %), plue la pliigo de la flankdirekta stabileco de la trako.

Simile al la transversaj ŝpaloj ankaŭ la muntado kaj sternado de la latisaj betonŝpaloj estas realigeblaj dum mallonga tempo danke al la grandamasa



Fig 41
La aŭstra latisa betonŝpalo en la trako sen balasto. (Foto: Dr. Kazinczy László)

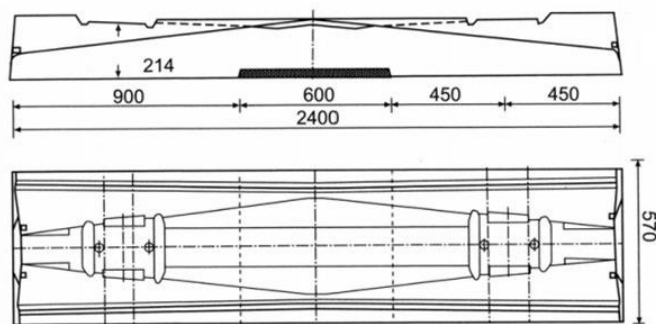


Fig. 42

La aŭstra latisa betonŝpalo en la trako kun balasto. (Foto: Dr. Kazinczy László)

6,364 La germana larĝa betonŝpalo.

La larĝa betonŝpalo de la germanaj fervojoj ankaŭ pro siaj dimensioj estas rigardebla teknika kuriozaĵo.



Tipo de la ŝpalo	BBS 1
Ŝarĝo radaksa	25 t
Maksimuma rapido	160 km/h
Longo	2400 mm
Larĝo	570 mm
Alto	233 mm
Alto sub la relo	214 mm
Alto meze	225 mm
Funkcio	Ĉeflinia ŝpalo

Fig. 43

La germana larĝa betonŝpalo

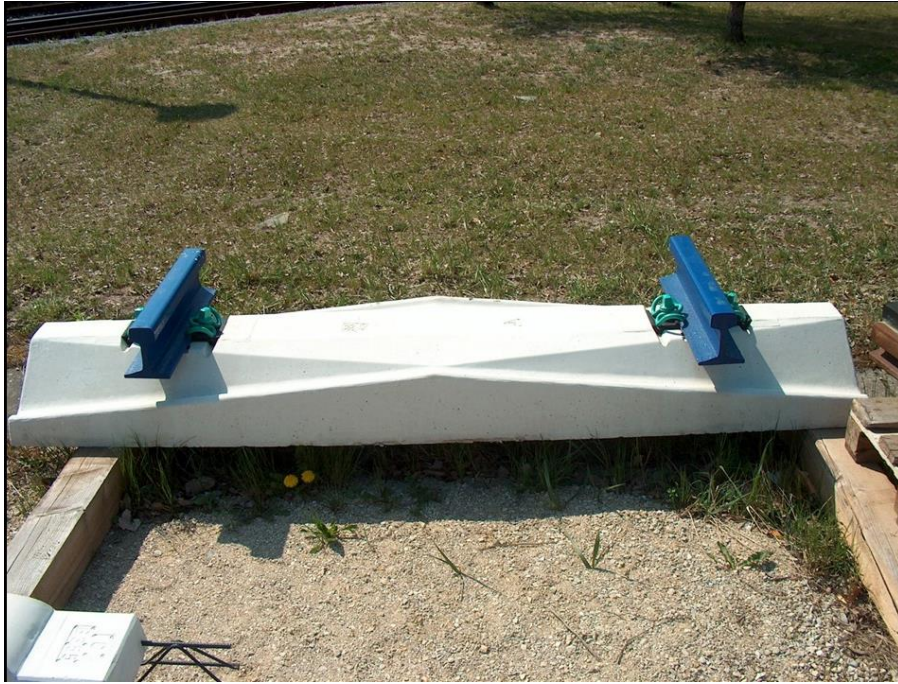


Fig. 44
Bildo de la germana larĝa betonŝpalo (Foto: Dr. Kazinczy László)

6,365 Dublokaj betonŝpaloj de la Francaj Fervojoj

La molfera sistemo de la armitaj betonŝpaloj ĝis nun konserviĝis per uzo de la dublokaj RS-tipaj betonŝpaloj, ŝatataj de la Francaj Fervojoj. La armaturo de tiuj betonŝpaloj estas molfera, ĝi ne estas prestreĉita.

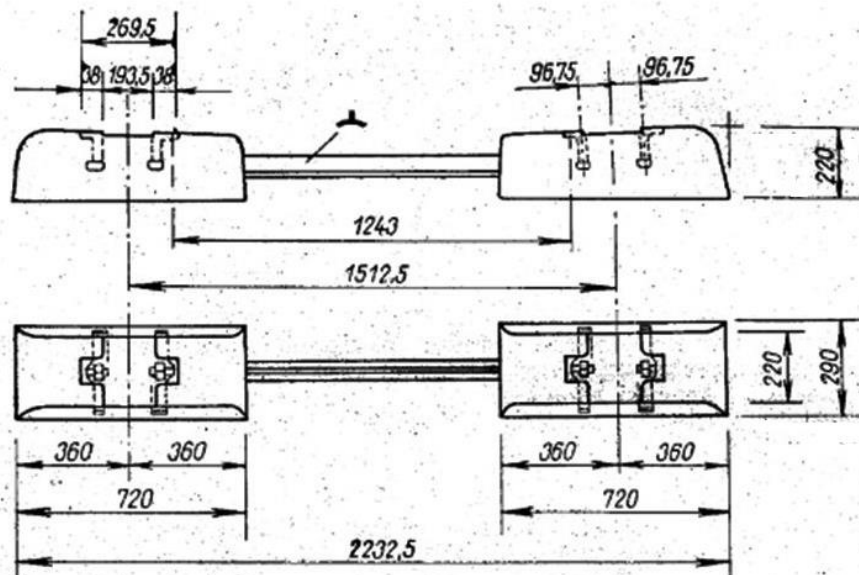


Fig. 45
La dubloka RS-tipa betonŝpalo de la Francaj Fervojoj

Malavantaĝo de ĉi tiu sistemo estas la granda bezono de la ŝtalmaterialo kaj la alta produktokosto de la betonŝpaloj. Sendube estas ĝia avantaĝo, ke la betonblokoj havas kvar frontsurfacojn, kiuj rezultas pli grandan stabilecon en flanka direkto, kaj ĝi ne havas en sia meza parto rigidan kunligon sentivan al fendoj.

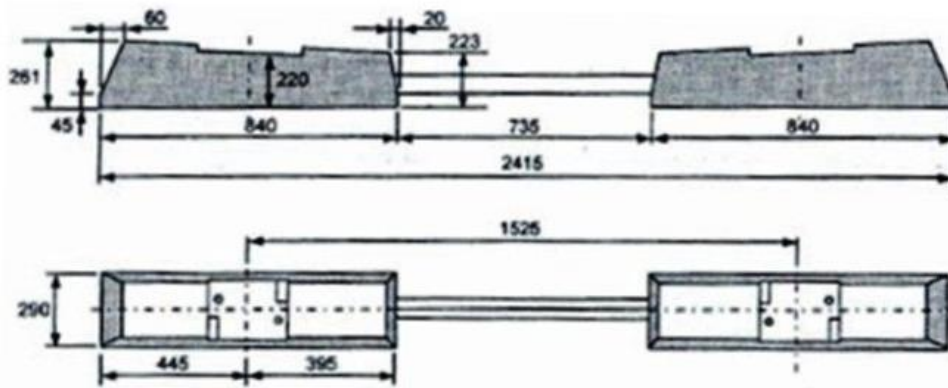


Fig. 46

La dubloka U 41-tipa betonŝpalo de la Francaj Fervojoj por grandrapidaj fervojlinioj

La grandrapidaj fervojoj starigas pli grandajn postulojn kontraŭ la betonŝpaloj, kiujn la Francaj Fervojoj kompensis per pliiĝo de dimensioj de la betonblokoj. Pli moderna varianto de la dublokaj betonŝpaloj estas la U 41 tipo.

6,4 Produktado de la betonŝpaloj (Laŭ Beluzsár János ³)

La projektado, mezurkalkulado kaj ĝenerala fervojteĥnika uzo de la betonŝpaloj, alipatre la grandkvanta fabrika produktado de la betonŝpaloj estas du teĥnikaj taskoj, kiuj grave diferencas unu de la alia. La postuloj de la fervojteĥniko kaj produktoteĥnologio devas unuiĝi en tiu kompromiso, kiu reprezentas relativan optimumon por ili ambaŭ.

Plej gravaj postuloj de la produktoteĥnologio estas la sekvaj:

- la geometria formo de la betonŝpaloj ne povas kontraŭdiri al la determinaj ecoj de la produkta sistemo
- la maniero de la relfiksado ne povas esti kontraŭa al la karaktero de la produkta sistemo
- la produkta sistemo devas ebligi ke la produktokapablo estu granda kaj laŭgrade pliigebla
- la betonŝpaloj estu produkteblaj kiel eble kun malplejmulte da fuŝproduktoj.

Ĉe betonŝpaloj el vidpunkto de speco de la armaturo estas diferencigeblaj

- armaturo el molferaj enmetaĵoj (la armaturo ne estas prestreĉita)

³ **Beluzsár János** (1944-) diplomita maŝiningeniero, fakingeniero pri prefabrikado. Ekde 1970 li estis dungito de la Fabriko de Ŝtalbetonindustria Kombinato en *Lábatlan (BVM Lábatlani Gyára)*, ĉefteĥnologo, sekciestro, ĉefingeniero. Ekde 1993 li estis ĝenerala direktoro de Ŝtalbetonindustria Akcia Societo *Pfleiderer en Lábatlan*. Li estas aŭtoro de multaj fakverkoj temantaj pri aferoj de la armitaj betonŝpaloj.

- antaŭhardiĝa prestreĉita armaturo (la armaturo estas streĉita en la ŝelaĵo inter pozicie fiksjaj blokoj antaŭ la betonado. Post hardiĝo de la betono estas liberigita el la ligo kun la blokoj)
- posthardiĝa prestreĉita armaturo (en la betonelemento oni estigas laŭlongajn kavaĵojn – kablajn kanaletojn, kablajn tubojn – tra kiuj estas tredataj kaj streĉataj la ŝtalaj enmetaĵoj post hardiĝo de la betono)

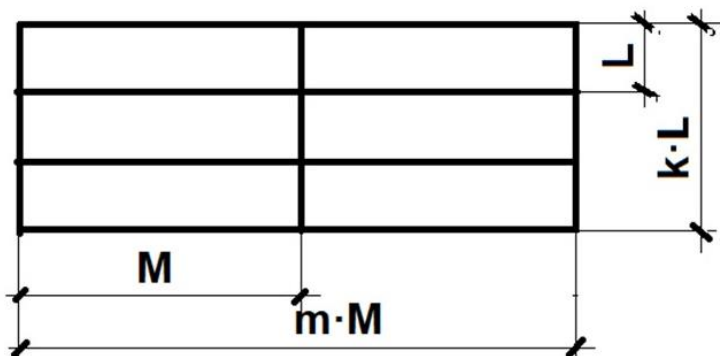


Fig. 47

Kunkroĉo de la ŝelaĵoj en la produktoteĥnologio de la betonŝpaloj

La produktadon de la betonŝpaloj determinas la ŝelaĵsistemo. Se la longo de la betonŝpalo estas M , kaj ĝia larĝo estas L , la produktoteĥnologion karakterizas la produto $kL \cdot mM$, kie:
 k : la nombro de la betonŝpaloj, troviĝataj unu apud la alia
 m : la nombro de la betonŝpaloj, sekvantaj unu

la alian

La produto LM signas unu betonŝpalon, kiu estas la modulo de la ŝelaĵo. La kunkroĉo de la moduloj signifas ankaŭ la kunkroĉon de la formiga strukturo de la betonŝpaloj. Ĉi tiu rilatas al karakterizaĵoj de la produktado kaj pezo de la ŝelaĵo, tiel ĝi decide determinas la fabrikadan procedon.

6,41 Tehnologio de blokfara maŝino

La produktado de betonŝpaloj havas unikan karakteron ĉe la francaj fervojoj. Tie ne postsekvis la molferajn betonŝpalojn la prestreĉitaj, sed ili uzas dublokajn betonŝpalojn. La ekonomiecon de la produktado servas, ke oni laminas la interblokajn kunligajn stangojn el materialo de eluzitaj reloj.

La produktado okazas per blokfara maŝino kun granda produktiveco. La produktolinio estas estigebla kontraŭ relative malgranda kosto. Avantaĝo de la produkta procedo estas, ke la produktaĵo estas tuj elŝelaĵiga tiel ĝi bezonas nur unu ŝelaĵon. Similan avantaĝon havas ankaŭ la posthardiĝa prestreĉita sistemo kies karakterera reprezentanto estas la *Dywidag* - teĥnologio. La karakterera tipo de la produktado estas la franca U 41- tipa betonŝpalo.

6,42 Transportĉena – maŝingrupa sistemo

La esenco de la transportĉena – maŝingrupa produktoteĥnologio estas la mova ŝelaĵo kaj la laboroperacioj lokitaj sur geometrie fiksitajn lokojn. Tiel eblas atingi proksimume egalmezuran ŝarĝitecon en ĉiu laborloko, la laboristoj trejnataj pri samaj laboroperacioj plenumas pli bonan kvaliton, kaj pli grandan produktivecon.

La laboroperacioj estas bone meĥanizeblaj, aŭtomatizeblaj. Okaze de efika varmomaturigo de la betono estas atingebla po 2 – 2,5 –oblaj uzoj de la ŝelaĵoj tage.

Diversaj variantoj de la produkta procedo formiĝis depende de tio, kia en la loko de la estigo kia estis la proporcio inter la prezoj de la konstrumaterialo kaj tiu de la laborforto.

Se la kotizo de la salajro estas malalta, estas preferataj la materialŝparaj teĥnologioj. Okaze de altaj salajrokotizoj oni klopodas elekti tiujn teĥnologiojn, kiuj bezonas malmulte da laboristoj.

6,421 Molferaj produktolinioj

La bazo de la teĥnologio estas ruluma vojo, kiu la ŝelaĵojn transigas de laborloko al laborloko. Se pro praktikecaj kaŭzoj aŭ trudo la laborlokoj ne povas esti laŭ rekta linio, oni movas la ŝelaĵojn en transversa direkto per ĉenvojo aŭ ŝovĉareto.

En la plej simpla okazo la operacioj estas aranĝeblaj laŭ ruluma vojo en la sekva vicordo:

- elŝelaĵigo
- purigo kaj oleigo de la ŝelaĵoj
- muntado de armaturo
- betonado kaj kompaktigo.

Post la betonado kaj kompaktigo oni metas la ŝelaĵojn en maturigan kuvon aŭ kameron ĝis atingo de la preskribita betonrezisto. Tiuspeca teĥnologio estas uzata por produkto de unikaj aŭ etŝpuraj betonŝpaloj.

6,422 Transportĉena – maŝingrupa teĥnologio por betonŝpaloj de adhera armaturo

Unu el la variantoj de betonŝpaloj de adhera armaturo estas pretigita en mallonga ŝelaĵgrupo, kiun karakterizas la modulproduco 3 – 4 x 1.

Tipa ekzemplo estas la produktolinio de *Wayss & Freytag* per kiu oni produktas iun varianton de la germana B 70- tipa betonŝpalo, kun 4 prestreĉataj ŝtalvergoj Ø 10 mm.

La produktolinio estas bone meĥanizebla kaj aŭtomatizebla

- la ŝelaĵo, elvenanta el la maturiga kamero alvenas tra ruluma vojo en la laborlokon de la senstreĉiigo. Tie per lozigo de la streĉŝraŭboj – po kvar en ĉiu betonŝpalo – oni ŝarĝas la streĉon al la betonŝpalo
- la malplenan ŝelaĵon oni purigas, oleas lokas en ĝin la plastajn enmetaĵon por la relfiksado
- oni metas en la ŝelaĵon la kvar streĉatajn ŝtalvergojn, kiuj ambaŭflanke havas ŝraŭbajn ekstrecojn sur kiujn oni ŝraŭbas la ŝraŭbingojn.
- la streĉatajn ŝtalvergojn streĉas aŭtomatigita streĉa instalaĵo, kiu streĉas ŝraŭbojn
- en laborloko de la betonado oni plenigas la ŝelaĵon per betono kiun kompaktigas per vibratoro
- la ŝelaĵo venas en la maturigan kameron.

Kelkaj variantoj ekzistas de ĉi tiu teĥnologio, unuavice estas uzata la ŝelaĵgrupo kiun karakterizas la modulproduco 3 – 4 x 2 por prestreĉaj enmetaĵoj de malpli grandaj diametroj.

La alia varianto de betonŝpaloj de adhera armaturo produktiĝas en longa ŝelaĵgrupo, kiun karakterizas la modulproduco 1 – 2 x 5.

Tipa ekzemplo estas la hungara produkta procedo de la betonŝpaloj kiu uzas prestreĉajn enmetaĵojn de malpli grandaj diametroj Ø 2,5 -5 mm. Ĉi tiu produkta procedo disvastiĝis ĉefe en la iamaj socialismaj landoj. La teĥnologio estas materialŝpara sed laborintensa.

La produktoteĥnologio estas bone meĥanizita sed ne aŭtomatizita. La kapacito de la teĥnologio estigita en 1978 ĉe Ŝtalbeton-industria Akcia Societo *Pfleiderer* en *Lábatlan* estas po 600 mil betonŝpaloj jare.

La karakterizaj labor-operacioj de la teĥnologio estas:

- el la maturiga kuvo la produktaĵo venas al la elŝelaĵiga ruluma vojo
- per malmuntado de la streĉa kapo oni ŝarĝas la streĉan forton al la produktaĵo
- renversa maŝino la produktaĵblokon renversas sur ĉenan vojjon, poste per ruluma vojo oni transportas ĝin eksteren el la produkta halo en la konstruaĵon de tranĉado de ŝtalfadenoj. Tie maŝina distranĉilo tranĉas la ŝtalfadenojn inter la produktaĵoj.
- la malplenan ŝelaĵon oni purigas, oleas
- de tamburoj troviĝantaj sur stabloj la streĉaj ŝtalfadenoj venas tra onduma instalaĵo. La ondumo plibonigas la adhesion de la ŝtalfadenoj en la betono
- la detiritajn ŝtalfadenojn – kies longo egalas kun tiu de la ŝelaĵo – unuokaze oni fiksas al streĉaj kapoj
- la fiksitan enmetaĵon oni metas en la ŝelaĵon kaj prestreĉas
- oni muntas en la ŝelaĵon la plastajn enmetaĵojn por la relfiksado, kaj la tn. apartigajn kombilojn, kiuj fiksas la lokon de la streĉaj ŝtalfadenoj en la betonelemento kaj apartigas la betonelementojn unu de alia
- per la preskribita forto oni prestreĉas la ŝtalfadenojn
- dum vibrado oni plenigas la ŝelaĵon per betono, depende de formo de la betonŝpalo oni uzas supran – malsupran vibradon
- post kompaktigo de la betono oni forigas la disigajn kombilojn
- per helpo de gruo oni metas la ŝelaĵojn en la maturigan kuvon.

6,43 Transportĉena – maŝingrupa teĥnologio por betonŝpaloj ankritaj ĉe fino

La tipa ekzemplo de betonŝpaloj ankritaj ĉe fino estas la *Thosti – BRV*, kiun karakterizas la prestreĉita armaturo. Ĝia armaturo konsistas el 8 ŝtalvergoj \varnothing 6,9 mm en kvalito St 1375/1570. El la ŝtalvergoj oni kunigas po kvar per unu ankranta ŝtalplato. Ĉe fino de la ŝtalvergoj el ilia propra materialo oni formas butonojn kiuj ankras ŝtalvergojn al la ankranta ŝtalplato. Tiel la streĉan forton la butonoj transdonas al la ankranta ŝtalplato, kiu donas ĝin plu al la betono. La karakteriza modulproduktado estas 3 – 4 x 1, tiel oni produktas 3 – 4 betonŝpalojn en unu ŝelaĵgrupo.

La produktolinio estas bone meĥanizebla kaj aŭtomatizebla.

- la ŝelaĵo, elvenanta el la maturiga kamero alvenas en la laborlokon de la senstreĉiigo. Per lozigo de la kvar ŝraŭboj oni ŝarĝas la streĉan forton al la betonŝpalo
- aŭtomata baskulo metas la produktaĵon sur la forportantan ruluman vojjon kie oni muntas sur ĝin la relsidplatojn
- la malplenan ŝelaĵon oni purigas, oleas kaj poste metas en ĝin la elementojn de la relfiksado
- la antaŭpreparitan prestreĉan armaturon oni metas en la ŝelaĵon la streĉŝraŭbojn ŝraŭbas en la ankrantan ŝtalplaton
- en la antaŭpreparita ŝelaĵo per aŭtomata streĉmaŝino oni streĉas la ŝtalvergojn kaj fiksas la streĉforton
- en la laborloko de la betonado oni betonas la ŝelaĵon kaj venigas ĝin en la maturigan kameron.

Oni produktas laŭ la menciita teĥnologio en Germanio en la fabrikoj de *WALTER BAU AG*. Similan teĥnologion uzas en Italio la firmao *ST.I. ARM s.p.a.*

6,44 Procedo de longa produkta benko

La procedon de la longa produkta benko karakterizas la 100 – 150 m-ojn longa prestreĉa benko ĉe kies finoj troviĝas meĥanismoj konvenaj por ankri la streĉajn fortojn, ili estas ankraj instalaĵoj.

La prestreĉan forton transprenas la prestreĉa benko, kiu estas armita betonslabo mezurkalkulita por porti la ŝarĝajn fortojn. Inter la du ankraj instalaĵoj prenas lokon la ŝelaĵoj, kiuj donas la formon de la betonŝpaloj. Ĉe la procedo de la longa produkta benko la ŝelaĵoj restas samloke, la iloj kaj personoj farantaj la produktadon migras de ŝelaĵo al ŝelaĵo.

La karakteriza betonŝpalo de la procedo de la longa produkta benko estas la angla F 27- tipa betonŝpalo. La formo de tiu betonŝpalo estas favora por la produktoteĥnologio, ĉar je transdono de la prestreĉa forto la malsupra strukturita surfaco de la produktaĵo kvazaŭ aŭtomate leviĝas el la ŝelaĵo, plifaciligante tiel la elŝelaĵigon.

Ĉi tiun konstrucian manieron aplikas ankaŭ la hungaraj LM, TM, TF- tipaj betonŝpaloj.



Fig. 48

Kvinkanala longa produkta benko (Foto: Szűcs Miklós)

La modernaj betonŝpaloj, ĉe kiuj ne nur la malsupra surfaco estas strukturita, sed ankaŭ la flankaj ne estas produkteblaj per la klasika longa produkta benko, ĉar je la ŝarĝo de la streĉa forto la betonŝpaloj enpremiĝus en la ŝelaĵon.

Por solvi la problemon formiĝis du metodoj:

- ĉe la *Dow-Mac*- tipa metodo post forigo de la apartigaj kombiloj, je la ŝarĝo de la streĉa forto la ŝelaĵoj formovas sin laŭlonge. Tiel la enpremiĝo estiĝas nur en longo de unu produktaĵo, kiu ne kaŭzas damaĝan difektiĝon
- ĉe la alia metodo oni forigas de la produktaĵo la ŝelaĵon en vertikala direkto eĉ antaŭ la ŝarĝo de la streĉa forto. Tiel kiam oni ŝarĝas la streĉan forton al la produktaĵo, ĝi estas libere en la aero.

La klasika produkta procedo en daŭro de la tempoj evoluis, en siaj pluraj fazoj ĝi modifiĝis. Por la intereso de pliigo de la produktiveco oni meĥanizis kelkajn laborajn operaciojn.

Tiel:

- eltira instalaĵo por eltiri kaj lokigi en la ŝelaĵon la ŝtalfadenarojn
- per tranĉa instalaĵo tranĉi la ŝtalfadenarojn kaj apartigi la pretajn produktaĵojn unu de alia
- hidraŭlika levinstalaĵo levi la produktaĵojn
- por la produktaj procedoj oni uzas 4 – 8 kanalajn ŝelaĵgrupojn kaj unu post la alia estas lokitaj 30- 60 ŝelaĵgrupoj. Tiel sur la longa produkta benko estas produkteblaj po 120 – 480 betonŝpaloj dum unu takto.
- la uzata prestreĉa armaturo povas esti ŝtalvergoj aŭ ŝtalfadenaroj, kiuj estas fiksitaj al la ankraj instalaĵoj per kontraŭkejoj. La streĉado povas okazi laŭ kanaloj, aŭ streĉante la tutan benkon en unu takto, aŭ per hidraŭlikaj cilindroj, kiuj poste faras ankaŭ la ŝarĝadon per la streĉa forto.
- inter la ŝelaĵgrupoj troviĝas apartiga plato, kiu certigas la precizan lokon de la prestreĉa armaturo.

Oni maturigas la betonon per vapora instalaĵo, lokita sub la ŝelaĵojn. La anglaj procedoj ofte uzas elektran varmomaturigon, kiam oni estigas ettensian cirkvitojn inter la prestreĉa armaturo kaj la ŝelaĵo.

El la angla produkta procedo kreskiĝis du metodoj:

- sistemo de statika plurkanala longa benko
- sistemo de plurkanala longa benko kun movebla ŝelaĵo

6,45 Sistemo de statika plurkanala longa benko

La produkta areo estas instalita per prestreĉa benko kaj ankraj instalaĵoj. La produktan areon servas ruliĝebla grupoponto de 5 tunoj, sub kiu troviĝas betondistribua sistemo. Dum la produktado oni faras la sekvajn operaciojn:

- forigo de la ŝirma kovrilo de la produktaĵo
- ŝarĝi la produktaĵon per la prestreĉa forto
- tranĉi la ŝtalfadenarojn ĉe la ankraj instalaĵoj per mana distranĉilo
- tranĉi la ŝtalfadenarojn inter la ŝelaĵoj per tranĉa instalaĵo
- oni movas la apartigitan ŝelaĵon de la aliaj la produktaĵon levas per speciala baskulo, renversas kaj metas ĝin sur la transportan ĉareton
- la malplenan ŝelaĵon oni purigas oleas, muntas en ĝin la elementojn de la relfiksaĵo kaj transigas la ŝelaĵon al la loko de la produktado
- kiam la produkta benko premuntite estas preta, oni metas en la ŝelaĵojn la ŝtalfadenarojn kaj la apartigajn platojn, la ŝtalfadenarojn laŭ grupoj prestreĉas per la preskribita forto
- oni plenigas la ŝelaĵojn per betono kaj kompaktigas ĝin per vibratoro
- post la betonado oni forigas la apartigajn platojn kaj kovras la ŝelaĵojn per ŝirma kovrilo por maturigi la betonon
- oni maturigas la produktaĵojn per vapor- aŭ elektra hejtado

6,46 Sistemo de plurkanala longa benko kun movebla ŝelaĵo

La sistemo de la longa benko kun movebla ŝelaĵo okupas preskaŭ la duonon de la produkta tereno, ĉi tie oni betonas kaj maturigas la produktaĵojn. En la alia flanko de la produktohalo troviĝas la tereno de la elŝelaĵo kaj la preparo de la ŝelaĵoj, kiun servas ruliĝebla grupoponto de 5 tunoj. Sur ĉi tiu tereno oni elŝelaĵigas la betonŝpalojn kaj purigas la ŝelaĵon, preparas la sekvan produktadon. En sama loko oni metas la ŝtalfadenarojn en la ŝelaĵojn.

La plurkanalaj ŝelaĵoj estas velditaj strukturoj, kiuj estas moveblaj per radoj sur reloj, konstruitaj en la plankon.

La ankran instalaĵon en direkto de la elŝelaĵa tereno oni planis tiel, ke ĝi estu movebla de la produkta loko al la elŝelaĵa loko.

La farendaj operacioj sur la produkta linio estas la sekvaj:

- oni forigas la plaston kovrilon, kiu ŝirmis la produktaĵon dum tempo de la varmomaturigo
- oni transdonas al la produktaĵo la streĉan forton
- el direkto de la streĉa laborloko oni tranĉas la ŝtalfadenarojn
- en la fiksa streĉa flanko sub la ankran trabon oni ŝovas ĉareton moveblan sur reloj konstruitaj en la plankon sur kiun oni mallevas la ankran trabon
- per vinĉo oni trenas la ŝelaĵojn en la elŝelaĵan lokon, samtempe tiras la streĉajn ŝtalfadenarojn en la produktan terenon super la ŝelaĵoj
- la streĉan armaturon oni fiksas al la streĉa instalaĵo, laŭ la preskriboj prestreĉas ĝin kaj fiksas la streĉan forton
- en la elŝelaĵa loko per tranĉa instrumento oni tranĉas la ŝtalfadenarojn inter la ŝelaĵoj
- per helpo de rulponto oni levas la elŝelaĵigitajn produktaĵojn per speciala baskulo renversas kaj metas ilin sur transportan ĉareton
- la malplenajn ŝelaĵojn oni transigas al direkto de la produkta loko kaj survoje purigas oleas ilin, kaj muntas en ilin la elementojn de la relfiksaĵo. La tiel antaŭpreparitajn ŝelaĵojn oni transigas per helpo de alia vinĉo en la lokon de la produktado sub la prestreĉaj ŝtalfadenaroj
- kiam almenaŭ ses ŝelaĵgrupoj estas en sia loko, oni kunkroĉas ilin, muntas la apartigajn platojn kaj komenciĝas la betonado. La betonon oni kompaktigas per vibratoroj
- kiam la betonado finiĝis, oni forigas la apartigajn platojn kaj por daŭro de la varmomaturigo de la betono kovras la produktaĵojn per plasta kovrilo

6,47 La skandinav-tipa plurkanala sistemo

La karakteriza propraĵo de la skandinav-tipa longbenka sistemo estas, ke ĝi preventas la negativajn efikojn devenantajn el ĉesigo de la prestreĉo tiel, ke antaŭ ol transdoni la prestreĉon al la betonŝpaloj oni tiras la ŝelaĵojn malsupren de la produktaĵoj.

La operacioj de la produktado estas la sekvaj:

- oni purigas oleas la ŝelaĵojn, poste muntas la elementojn de la relfiksaĵoj en ilin
- la ŝtalfadenarojn oni tiras super la ŝelaĵojn per ĉareto kuranta super ili poste la ŝtalfadenarojn fiksas al la streĉa instalaĵo kaj prestreĉas ilin
- la ŝelaĵojn oni levas al la ŝtalfadenaroj, la produktaĵojn betonas, la betonon kompaktigas kaj maturigas

- la ŝelaĵojn oni mallevas, transdonas la streĉan forton al la produktaĵoj, poste super la ŝelaĵoj tiras ilin eksteren, tranĉas la ŝtalfadenarojn, transportas la betonŝpalojn sur la tenejan lokon.

6,5 Riparo de la betonŝpaloj

El stabilecaj proprajoj de la senbreĉe kunvelditaj trakoj sekvas tiu fakto, ke por bona konstruo kaj uzado de tiuspecaj trakoj nepre estas bezonataj relfiksaĵoj, havantaj fortan preman efikon kaj ŝpaloj, havantaj grandan ŝarĝportkapablon. Atingi ĉi tiujn proprajojn estis bezonata tiu evoluo, kiu kunportis la interŝanĝon de lignoŝpaloj, pli frue solregantaj ĉe la fervojoj por betonŝpaloj havantaj pli bonajn teknikajn kvalitojn, pli longan funkciadaŭron.

Ĉe Hungaraj Ŝtatformoj troviĝas betonŝpaloj en pli ol 80 %-oj de la relvojoj, do nun la betonŝpaloj havas decidajn rolon kaj plimulton.

Dum la funkciadaŭro de la lignoŝpaloj estas 15-30 jaroj, dum tiom da tempo ilia stato tiel grade malboniĝas, ke oni devas ŝanĝi ilin, ĉe la betonŝpaloj la situacio estas alia. La ŝtalbetona strukturo de la betonŝpaloj havas longan funkciadaŭron. Ĉe la modernaj betonŝpaloj rompiĝoj, fendoj nun fariĝas jam en eksterordinaraj eventoj. Ekzemple je akcidentoj la ruliĝantaj radoj de la eltrakiĝintaj veturiloj, venintaj inter la du relojn kaŭzas difektojn, rompiĝojn de la betonstrukturoj.

Pro la malregulaj transporto, kargado, konstruado aŭ bontenado, la betonŝpaloj povas difektiĝi. Se la betono skvamiĝas de la armaturo, post iom da tempo pro la korodo de la ŝtalo la ŝarĝportkapalo de la betonŝpalo malpliĝas. Por malhelpi tion, (se la betonŝpalo ne rompiĝis, nur iom difektiĝis) oni povas ripari ĝin. Sekve la difektiĝon oni devas komenci kiel eble plej baldaŭ la riparon, ke la vundiĝintaj surfacoj ne malpuriĝu. Por la riparo oni uzas konstruindustrian sintezan rezinon. Ĉi tiu epoksirezino estas sensolviĝanta, konsistanta el du komponantoj.

Komence la betonŝpaloj estis produktitaj kun lignaj enmetaĵoj havantaj formon de stumpa piramido, poste kun ondumitaj lignaj enmetaĵoj kaj fine kun plastaj enmetaĵoj. La plej difektiĝemaj partoj de la betonŝpaloj estas la relfiksaĵaj enmetaĵoj. Komprenoble la lignaj enmetaĵoj havantaj saman materialon same tiel eluziĝas kiel la lignoŝpaloj. La ŝpalŝanĝo estas multekosta operacio, kaj nia fervojo havas monrimedojn en limigita kvanto. Pro difektiĝo de la relfiksaĵaj enmetaĵoj, ŝanĝi la betonŝpalojn cetere estantajn en uzebla stato impresas malŝparo. Do oni komencis serĉi la metodojn de la riparo de la eluziĝintaj enmetaĵoj en la trako mem.

La organizita kaj iom pli grandmezura riparo de la betonŝpaloj ĉe la Hungaraj Ŝtatformoj komenciĝis antaŭ pli ol tridek jaroj. Ekde tiam pliĝis, ne nur la kvanto de la betonŝpaloj, sed ankaŭ la nombro de la diversaj tipoj de la betonŝpaloj kaj tiu de la diversaj relfiksaĵaj enmetaĵoj. Ĉi tiu postulis ellaboron de diversaj riparaj teĥnologioj.

Estas evidente, kaj el teĥnika kaj el ekonomia vidpunktoj, ke estas pli preferinde ripari la betonŝpalojn en la trako, ol forigi ilin kaj ripari ekstertrake. Ĉi-okaze oni ne breĉas la balaston, ne danĝerigas la framorigidecon de la trako, ne aperas la kotizoj de la kargado kaj transporto.

Estas komprenoble, ke la atento de la trakprizorgaj fakuloj direktiĝas al metodoj de entrakaj riparoj de la relfiksaĵaj enmetaĵoj.

6,51 Entrakaj riparaj metodoj sen ŝanĝo de la relfiksaĵaj enmetaĵoj

6,511 Procedo Traversan

Ĉi tiu teĥnologio jam ne estas uzata. Tamen estas grave menciigi ĝin, ĉar dum longa tempo ĝi estis unu el la plej gravaj eblecoj ripari la betonŝpalojn, kaj ankaŭ nun troveblas multe da betonŝpaloj en la fervoja reto, kiujn oni riparis per ĉi tiu teĥnologio.

La detalaj informoj pri ĉi tiu procedo troviĝas en parto temanta pri riparado de lignoŝpaloj en ĉapitro 4,52.

6,512 Procedo Vortok

La esenco de ĉi tiu procedo estas, ke oni elŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon el la betonŝpalo. Poste sen borado de bortruo, troviĝanta en loko de la elŝraŭbita ŝpalŝraŭbo, en ligna enmetaĵo de la betonŝpalo, tra la truo de la relsidplato oni enŝraŭbas per speciala laborilo aluminian spiralon en la bortruon. Sekve tion oni reŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon en la aluminian spiralon. La diametro de la aluminia spiralo estas malpli granda ol tiu de la ŝpalŝraŭbo. Kiam oni reŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon en la aluminian spiralon, la helico de la ŝpalŝraŭbo eniras en la helicon de la aluminia spiralo kaj premas ĝin en la firman sendifektan parton de la ligna enmetaĵo. Tiel

estiĝas forta kontakto sen tio ke la aluminia spiralo distreĉus la betonon.

Avantaĝo de la procedo estas, ke ĝi bone meĥanizeblas kaj la riparaj laboroj estas fareblaj rapide. Ĝi rezultigas grandan vertikalan subpreman forton, kaj elastan kontakton.

Malavantaĝo estas, ke ĝia uzo estas malpermesita ĉe „LM” kaj „LI”- tipaj

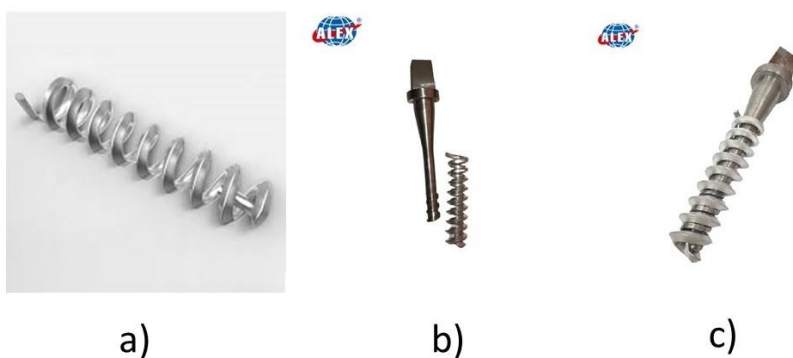


Fig. 49

Riparo de ŝpalo per procedo Vortok.

a) la aluminia spiralo b) la speciala laborilo por enŝraŭbi la spiralon c) la spiralo kun ŝpalŝraŭbo

(Foto: ALEX Kunshan Alex Railway Fastening Co. Ltd)

betonŝpaloj kiuj havas plastajn enmetaĵojn.

La nomo *Vortok* devenas el la markonomo de la aluminia spiralo (*Aluminium Vortok coil*)

6,513 Procedo RS

Ĉi tiu procedo estas videbla varianto de VORTOK. Temas pri iom pli nova metodo, kiun Hungaraj Ŝtatformoj komencis uzi ekde 1991. Ĉi tiu procedo bezonas specialajn enŝraŭbilon kaj plivastigilon. Uzebleco de la teĥnologio dependas de la stato de la riparenda ligna enmetaĵo. Se la ligna enmetaĵo jam estas tiel putrinta, ke la pliboniga spiralo dum enŝraŭbado de la ŝpalŝraŭbo ne kapablas ennestiĝi inter la lignofibrojn ĉi tiu metodo estas senefika. Oni devas uzi alian riparmetodon.

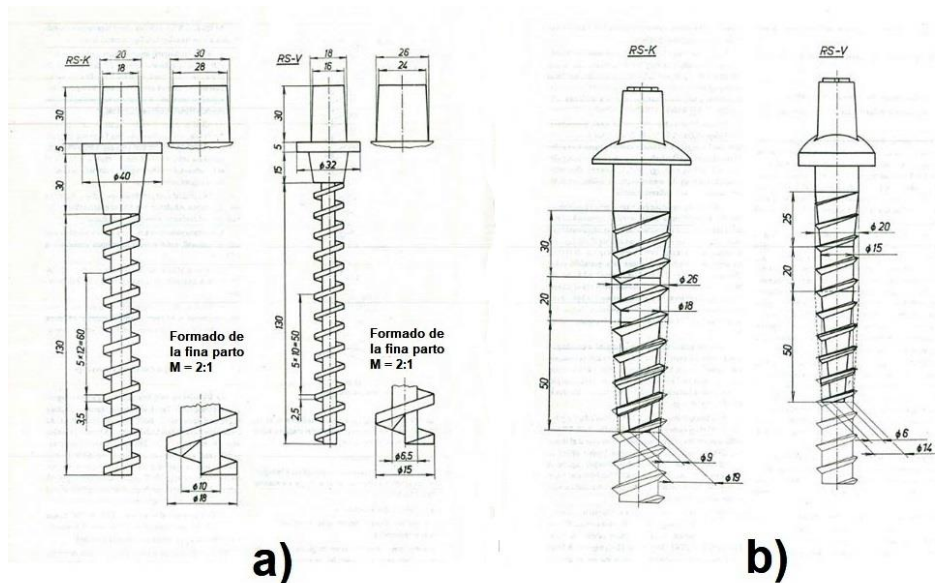


Fig. 50
Specialaj laboriloj de la procedo RS a) enŝraŭbiloj b) plivastigilo

La detalaj preskriboj de la riparo estas:

Se dum la bontenadaj laboroj troviĝas ŝpalŝraŭboj, kiuj ne estas streĉeblaj kaj eĉ turniĝas en la bortruo, oni devas marki ilin.

Se dum la bontenado oni devas fari ankaŭ trakŝpuran reguligon, oni devas forigi ĉiujn ŝpalŝraŭbojn. Elektante unu relstrion por bazo oni faras la reĝustigon de la trako, kaj la alian relstrion fiksas kun mezuro de la ŝpuro.

Por la riparo oni devas forigi nur la ŝpalŝraŭbon. La spiralo estas enkonstruebla tra la bortruo de la relsidplato. La plej grandan zorgon kaŭzas ŝpalŝraŭboj disrompiĝintaj en la bortruo. Ĉi tiujn oni forigas per specialaj maŝinoj. Antaŭ elŝraŭbo oni devas bati per martelo desupre sur la ŝpalŝraŭbon, tiel la rusta tavolo eventuale formiĝinta sur la cilindra surfaco de la ŝpalŝraŭbo rompiĝas, kaj preventeblas la disrompiĝo de la ŝpalŝraŭbo.

La elŝraŭbitajn ŝpalŝraŭbojn oni devas ekzameni, ĉu ili estas denove uzeblaj? Post elŝraŭbo de la ŝpalŝraŭboj oni devas ekzameni ankaŭ la staton de la surfaco de la bortruo, se ĝia difektiĝo ne estas pli granda ol 5 mm-oj, la riparo estas farebla. Okaze de pli granda difektiĝo oni devas elekti alian riparan metodon.

Por la diversaj ŝpalŝraŭboj estas uzeblaj dupecaj spiraloj. La spiralo markita RS-V estas uzebla por tiuj ŝpalŝraŭboj kies diametro ĉe la kola parto estas Ø20 mm. La markita RS-K estas por diametro Ø26 mm.

La paŝoj de la riparo estas:

- oni elŝraŭbas la malnovajn ŝpalŝraŭbojn
- oni per mano surŝraŭbas la spiralon RS sur la enŝraŭbilon
- oni ŝraŭbas la spiralon per la enŝraŭbilo en la bortruon, komence ŝraŭbante per mano, poste per boltilo
- oni elŝraŭbas la enŝraŭbilon
- per la plivastigilo oni vastigas la komencajn helicojn de la spiralo, por ke la ŝpalŝraŭbo estu enŝraŭbebla
- oni elŝraŭbas la plivastigilon
- oni enŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon en la bortruon, ĉi tiu laboro jam estas farebla per maŝino
- se la spiralo ne certigas konvenan streĉan forton, oni povas provi, uzi la duan spiralon

- se oni uzas spiralon markitan RS-V, post elŝraŭbo de la ŝpalŝraŭbo la bortruon devas plivastigi per borpinto Ø 20 mm.

6,514 Procedo SIDER

La metodo de ĉi tiu procedo estas, ke oni forigas la loziĝintan ŝpalŝraŭbon kaj traboras la lignan enmetaĵon per iom pli granddiametra borilo. En ĉi tiun bortruon oni metas kaj gluas lignan cilindran ŝtopaĵon, en kiun oni ŝraŭbas la novan ŝpalŝraŭbon. Ĉi tiu procedo povas esti uzebla ankaŭ por riparo de lignoŝpaloj kaj betonŝpaloj havantaj lignajn enmetaĵojn kun stumpa piramida formo.

Avantaĝo de la procedo estas, ke ĝi ne bezonas grandan kvanton de la homa laboro kaj estas ekonomia.

Malavantaĝo estas, ke la gluado estas tempopostula, komplika kaj damaĝa por la sano.

6,52 Entrakaj riparaj metodoj kun ŝanĝo de la enmetaĵoj

Laŭ pasado de tempo la lignaj enmetaĵoj de la betonŝpaloj amase eluziĝas pro la putrado. Kaŭze de ĉi tiu putrado jam ne estas garantibla la preskribita dimensio de la ŝpuro kaj malpliĝas la sekureco de la senbreĉe kunvelditaj trakoj. Multokaze procedoj de la riparaj metodoj sen ŝanĝo de la relfiksaĵaj enmetaĵoj jam ne estas uzeblaj. Pro tio oni ellaboris diversajn teĥnologiojn por riparo kun ŝanĝo de la lignaj enmetaĵoj.

6,521 Entraka ŝanĝo de ligna enmetaĵo havanta formon de stumpa piramido

Ĉe ĉi tiu procedo oni forigas la loziĝintajn ŝpalŝraŭbojn, forŝovas la relsidplaton, poste per diversaj specialaj laboriloj dispecigas kaj forigas el la betonŝpalo la putrintajn lignajn enmetaĵojn. Sekve tion, duparta ligna enmetaĵo estas enmetita en la purigitan kavon desupre, kiun oni enstreĉas. En la enstreĉitan lignan enmetaĵon oni ŝraŭbas la ŝpalŝraŭbon.

Avantaĝo de la procedo estas, ke oni ne devas forigi el la trako la sendifektajn betonŝpalojn.

6,522 Riparo de betonŝpaloj per enbetonado de helichavaj plastaj enmetaĵoj

Okaze de uzo de ĉi tiu procedo oni unue forigas la difektintajn lignajn enmetaĵojn el la betonŝpalo. Poste oni enbetonas po 2 helichavajn plastajn enmetaĵojn ambaŭflanke en la malplenajn kavojn de la betonŝpalo. Se la betono jam atingis la bezonatan rezistecon oni - depende de la tipo de relfiksaĵo - per ŝpalŝraŭboj fiksas la relsidplatojn aŭ relojn.

Avantaĝo de la procedo estas, ke oni ne devas forigi el la trako la sendifektajn betonŝpalojn.

Malavantaĝo, ke la betonado estas komplika, la atingo de bezonata betonrezisteco postulas iom da tempo kaj oni denove devas reveni al la jam riparita traketapo por ŝanĝi tiujn lignajn enmetaĵojn kiuj en la unua laborperiodo ankoraŭ ne estis ŝanĝitaj.

6,523 Ŝanĝo de ligna enmetaĵo kun formo de stumpa piramido al triparta plasta enmetaĵo kun formo de stumpa piramido

Ĉe riparo de la betonŝpaloj la plej gravajn zorgojn kaŭzas la „T”, „TU”, kaj „H” tipoj havantaj lignajn enmetaĵojn kun formo de stumpa piramido. Se anstataŭ ligna enmetaĵo oni uzas denove lignan enmetaĵon, pro la sama materialo la novŝanĝita elemento portas saman riskon de la difektiĝo, kiel la antaŭa. La fakuloj okupiĝantaj pri evoluigaj aferoj serĉis la solvon uzi tiun

materialon, kiu ne putras kaj havas longan funkciaŭron. Unu el tiuj solvoj estis la triparta plasta enmetaĵo kun formo de stumpa piramido. Ĉi tiu procedo unuigas la avantaĝojn de du jam menciitaj procedoj, nome ŝanĝi la lignan enmetaĵon al ligna, kaj enbetonado de helichava plasta enmetaĵo. Hungaraj Ŝtatfervojoj komencis uzi la tripartan plaston enmetaĵon ekde 1999.

La esenco de la procedo estas, ke oni forigas la loziĝintajn ŝpalŝraŭbojn, ŝovas flanken la relsidplaton, poste per diversaj specialaj laboriloj dispecigas kaj forigas el la betonŝpalo la putrintajn lignajn enmetaĵojn. En la purigitajn kavojn desupre oni muntas tripartajn (unu enmetaĵo konsistas el tri partoj) plastajn enmetaĵojn kiuj havas formon de stumpa piramido. En la plastajn enmetaĵojn oni ŝraŭbas la ŝpalŝraŭbojn.

Avantaĝo de la procedo estas, ke la nun plibonigita muntita plasta enmetaĵo en la estonto okaze de bezono, post forigo de la ŝpalŝraŭbo desupre denove estas riparebla. Dum uzo de ĉi tiu procedo forestas aplikado de sinteza rezino aŭ iuspeca gluaĵo, tiel ne estas bezonata tempo por ilia solidiĝo.

Malavantaĝo, ke ofte oni muntis la enmetaĵon mise, kaj pro tio oni devis denove komenci la muntadon per novaj elementoj.

6,524 Ŝanĝo de ligna enmetaĵo kun formo de stumpa piramido al duparta plasta enmetaĵo kun formo de stumpa piramido

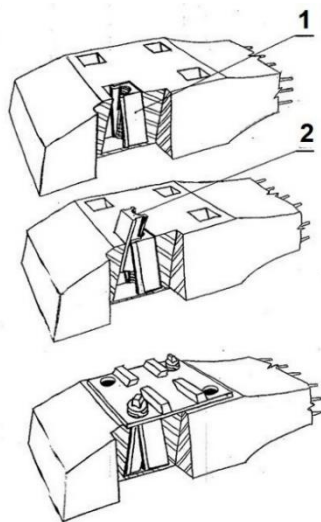


Fig. 51

Muntado de duparta plasta enmetaĵo

- la plaston enmetaĵparton signitan per 1 oni metas en la purigitan kavon de la betonŝpalo
- la plaston enmetaĵparton signitan per 2 oni ŝovas en la liberan parton de la kavo tiel, ke la eksteran langon de la malpli granda elemento oni ŝovas en la internan foldon de la enmetaĵparto signita per 1
- enlokigo de la du elementoj okazu tiel, ke ili estu sub la supera surfaco de la betonŝpalo je 15 mm. Se tio ne estas solvebla, oni devas trati la betonon de la malsupra parto de la kavo.
- estas grave, ke du partoj de la enmetaĵo post la enlokigo estu en sama nivelo. Aliokaze la helichava interna bortruo ne ebligas la entenon de la ŝpalŝraŭbo
- post enmuntado de la plastaj enmetaĵoj oni remetas sur la betonŝpalon la relsidplaton kiun fiksas per ŝpalŝraŭboj kaj duoblaj elastaj ringoj

Avantaĝo de la procedo estas, ke la plastan enmetaĵon konsistantan el du partoj, oni facile povas loki en la kavon de la betonŝpalo, kvazaŭ ne eblas erare aŭ mise kunmeti la partojn de la plasta enmetaĵo. Dum uzo de ĉi tiu procedo forestas aplikado de sinteza rezino aŭ iuspeca gluaĵo, tiel ne estas bezonata tempo por ilia solidiĝo.

6,525 Ŝanĝo de ondumitaj lignaj enmetaĵoj

Ĉi tiu procedo – kiun Hungaraj Ŝtatformoj uzas ekde 1983 – estis ellaborita por riparo de „L” kaj „LX”- tipaj betonŝpaloj. Ĉi tiuj betonŝpaloj estis produktitaj kun ondumitaj lignaj enmetaĵoj.



Fig.52

Dupartaj, interne helichavaj, ekstere ondumitaj plastaj enmetaĵoj (Foto: Dr. Halász József)

La paŝoj de ĉi procedo estas:

- oni forigas la loziĝintajn ŝpalŝraŭbojn kaj ŝovas flanken la relsidplaton
- la difektitajn ondumitajn lignajn enmetaĵojn oni traboras en ilia tuta longo per borilo diametra de \varnothing 32-36 mm
- la maldikiĝitajn lignajn enmetaĵojn oni dispecigas per guĝo kaj la lignopecojn forigas el la kavoj. Se estas bezonate por la forigo oni uzas premaeron.
- en la purigitajn kavojn oni metas desupre la dupartajn helichavajn ondumitajn plastaj enmetaĵojn
- la du partojn de la enmetaĵo alĝustigite unu kun la alia oni devas enigi en la kavon batante per martelo tiel ke la interna helico bone entenu la ŝpalŝraŭbon
- oni remetas sur la betonŝpalon la relsidplaton kiun oni fiksas per ŝpalŝraŭboj kaj duoblaj elastaj ringoj

Avantaĝo de la procedo estas, ke oni ne devas forigi el la trako la sendifektajn betonŝpalojn.

6,526 Riparo de relfiksado per apliko de helichavaj plastaj enmetaĵoj

La esenco de la procedo estas, ke oni forigas la ŝpalŝraŭbojn, kiuj jam ne havas premfiksantan efikon. La truojn de la relsidplato oni uzas kiel ŝablonon kaj tra ili vastigas la bortruojn de la forigitaj ŝpalŝraŭboj per borilo diametra de 26 mm, la putrintajn lignaĵojn forigas.

Post flanken ŝovo de la relsidplato en la vastigita bortruo oni pretigas konvenan lokon por la ekstere kaj interne helichava plasta enmetaĵo. Sekve tion la internan surfacon de la bortruo kaj eksteran surfacon de la plasta enmetaĵo ŝmiras per gluaĵo. Fine oni enŝraŭbas la plastan enmetaĵon en la bortruon kaj muntas la renovigitan relfiksaĵon.

Ĉi tiu procedo taŭgas ripari ankaŭ relfiksaĵojn de lignoŝpaloj, lignaj pontotraboj kaj malnovaj tipoj de betonŝpaloj („TU” aŭ „B”- tipoj).

Avantaĝo de la procedo estas, ke pliiĝas la ŝarĝebleco de la muro de la bortruo por la cilindrosurfaca premo, okaze de renovigo oni ne devas fari novan bortruon, la originala estas uzebla. Favore estas, ke inter la metalan ŝpalŝraŭbon kaj lignan muron de la bortruo venas plasta elemento, kiu kapablas moderigi la putradon de ligno kaj korodon de metalo. Tiel ĉi tiu procedo estas ekonomia solvo, kiu aparte estas grava por riparo de multvaloraj pontotraboj kaj lignoŝpaloj de trakforkoj.

Malavantaĝo, ke la laboro bezonas multan tempon.

6,527 Riparo de betonŝpaloj havantaj plastajn enmetaĵojn

Hungaraj Ŝtatfervojoj komencis uzi helichavajn plastajn enmetaĵojn kun apliko de la „LM”- tipoj betonŝpaloj. Pro la favoraj spertoj tiuspecaj enmetaĵoj venis en „LP”, „TM”, kaj „LT”-

tipajn betonŝpalojn kaj ankaŭ en betonŝpalojn de trakforkoj.

Ĉe la relfiksaĵoj faritaj kun ili inter kutimaj cirkonstancoj oni spertis neniun malnormalecon. De tempo al tempo okazis, ke la ŝpalŝraŭboj difektiĝis, deformiĝis, rompiĝis, aŭ ŝiriĝis en la betonŝpalo. Ĉi-tempe oni devis ŝanĝi la plastajn enmetaĵojn. Aliparte Hungaraj Ŝtatfervojoj ekde

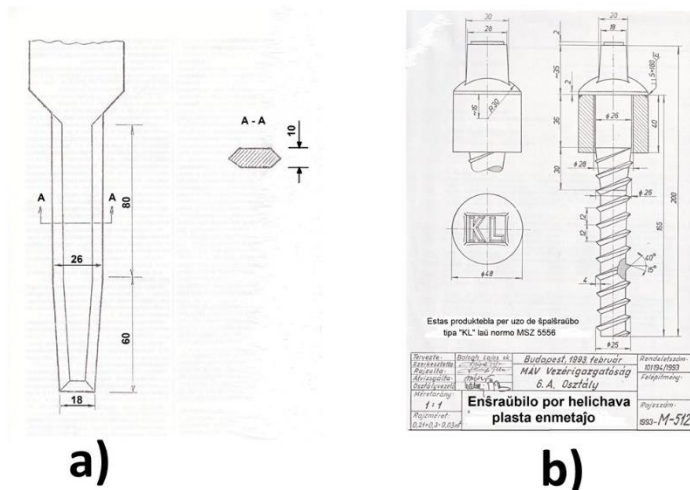


Fig. 53
Laboriloj por ŝanĝo de helichavaj enmetaĵoj
a) elŝraŭbilo b) enŝraŭbilo

longa tempo uzas novajn betonŝpalojn ekskluzive kun plastaj enmetaĵoj. Do la konsiderinda parto de la betonŝpaloj troviĝantaj en reto de la fervojlinioj jam havas plastajn enmetaĵojn. Pro tiuj kaŭzoj iĝis bezonate prilabori la teknologion de ŝanĝo de la plastaj enmetaĵoj. La ŝanĝo konsistas el du partoj. Ili estas, la forigo de la difektita enmetaĵo el la betonŝpalo kaj enigi en ĝin la novan. Por ĉi tiu agado oni uzas du simplajn laborilojn, elŝraŭbilon kaj enŝraŭbilon, kiuj estas produkteblaj facile ankaŭ hejmfarite.

La laboro komenciĝas per forigo de la ŝpalŝraŭboj, kiun sekvas la flankenŝovo de la relsidplato. La relsidplaton oni ŝovas flanken tiel, ke la plastaj enmetaĵoj estu atingeblaj, sed ĝi apogu la relpiedon.

La elŝraŭbilo estas pretigita el durŝtalo (ekzemple el risortoŝtalo). La malnovan difektitan enmetaĵon oni elŝraŭbas el la betonŝpalo per ĉi tiu laborilo, por enmeti ĝin en la helichavan enmetaĵon, kaj batas per martelo tiel, ke la akraĵo de la laborilo enranĉiĝu en la internan helichavan parton de la enmetaĵo. Sekve tion per la laborilo la enmetaĵo estas elŝraŭbebla el la betonŝpalo.

La enŝraŭbilo estas facile pretigebla hejmfarite. Sur kolon de senmanka „KL”- tipa ŝpalŝraŭbo oni fiksas per elektra veldado 40 mm-ojn longan, Ø 48 mm-ojn eksterdiametran metalringon. Sur la tiel faritan laborilon oni ŝraŭbas per mano la novan helichavan plaston enmetaĵon, kies eksteran surfacon ŝmiras per oleo. Poste la plasta enmetaĵo estas facile enŝraŭbebla en la betonŝpalon per ŝpalŝraŭba boltilo.

6,53 Ekzameno de ŝpalŝraŭboj de la riparitaj betonŝpaloj el vidpunkto de eltira forto

La taŭgecon de la ŝpalriparaj procedoj oni ekzamenas laŭ meĥanikaj vidpunktoj. La kvalito de kontaktoj inter la relfiksaĵoj kaj transversaj ŝpaloj determinas la uzeblecon de ankrado de la reloj. La streĉaj ekzamenoj mezuras la eltirajn fortojn efikantajn al la ŝpalŝraŭboj. Dum la ekzameno okazas provo eltiri la ŝpalŝraŭbon el la enmetaĵo. Atingi tion, oni funkciigas al la ŝpalŝraŭbo eltiran forton pliigatan laŭgrade de iu komenca valoro. Kontraŭ tiu forto aperas rezisto devenanta el kontakto inter la ŝpalŝraŭbo kaj enmetaĵo. Kiam la eltira forto iĝas pli granda ol la rezisto, la ŝpalŝraŭbo forŝoviĝas de la enmetaĵo. La rezisto de la kontakto kaj la forŝoviĝo interrilatas unu kun la alia.

Dum la ekzameno oni mezuras la grandecon de la forto kaj la forŝoviĝon apartenantan al ĝi. Konante ilin oni povas difini la maksimuman valoron de la rezisto de relfiksaĵo.

Por la ekzameno estas uzata hidraŭlika levilo, kiu tiras la ŝpalŝraŭbon supren vertikale. Pro tio, ke la premfiksaj makzeloj kapablu transdoni la eltiran forton al la ŝpalŝraŭbo, antaŭ komenco de la mezuro en la mezurita loko oni ŝraŭbas en la betonŝpalon anstataŭ la estanta ŝpalŝraŭbo plilongigitan ŝpalŝraŭbon (mezurŝraŭbon). Tiel malpliigās la originala malsupren premanta forto, sed ĉe la mezuro ĉi tiu diferenco servas la sekurecon.

6,54 Resumo pri riparo de betonŝpaloj

La demonstritaj diversaj ŝpalriparaj teĥnologioj donas diversajn teĥnikajn sekurecojn. Estas inter ili, kiuj certigas bonan kunligon (35-60 kN da eltira forto), kaj ankaŭ tiuj, kiuj igas tre fortan kunligon (60-130 kN da eltira forto). Estas grave rimarki, ke ĉiuj prezentitaj procedoj konvenis al postuloj preskribitaj de Hungaraj Ŝtatfervojoj (35 kN). Dum la lastaj jaroj modifiĝis la preskriboj. Nun la riparitaj relfiksaĵoj estas konvenaj, se ili kontraŭstaras al 60 kN da eltira forto funkcia dum 3 minutoj.

En la Hungarlanda merkato inter la prezentitaj procedoj formiĝis ekvilibra situacio. Neniu procedo havas monopolan pozicion. Tio estas grava pro tio, ĉar la vendantaj firmaoj estas en konkura situacio, kiu instigas ilin al bona kvalito, pliigoj de la funkcidaŭro, kaj ekonomieco.

La diverseco de la ŝpalriparaj procedoj donas eblecon por la teĥnikaj gvidantoj elekti la plej ekonomian metodon, kiu pleje konvenas al tipo de la betonŝpalo, stato de la relfiksa enmetaĵo, eksplutado de la relvojo, kaj maŝinaj laboriloj starantaj je dispono.

6,6 Mezurkalkulado de la betonŝpaloj

La lignoŝpaloj uzataj ekde pli ol cent jaroj, ne bezonis mezurkalkuladon. Per siaj dimensioj determinitaj de la praktiko ili konvenis por la veturilŝarĝoj. La betonŝpaloj aperis kiel inĝenieraj strukturoj, kiuj kunportis bezonon de la mezurkalkulado.

En surkonstruaĵa sistemo de la tradiciaj ŝottronbalastaj trakoj, la efektivajn ŝarĝojn de la betonŝpaloj determinas tiel multnombraj hazardaj faktoroj kaj ilia aro de varianca devio, ke preciza kalkulado de la ŝarĝoj estas nereala klopodo.

Celo de la mezurkalkulado estas preskribi tiujn ŝarĝlimojn, kies plenumo certigas, ke la betonŝpaloj dum longa tempo kapablos plenumi siajn destinojn.

La valoro kaj distribuo de eksteraj fortoj efikantaj al la betonŝpaloj dependas de multaj faktoroj. Ekzemple:

- ecoj de la veturiloj (nesuspensiata maso, risorta suspensio de la veturilo, stato de surfacoj de la rado, kaj relo, reduktita radflangĝo, ondotrivita relo)
- meĥanikaj ecoj kaj geometriaj dimensioj de la relo
- ŝpaldistanco
- liniotraceo (rekta aŭ kurba)
- bontena stato (ŝpuro, trakŝinkiĝo, direkto)
- elastaj ecoj de la fiksado inter relo kaj ŝpalo
- propra elasteco de la ŝpalo
- elasteco de la balasto
- elastaj ecoj de la fervoja subkonstruaĵo

La mezurkalkulaj manieroj bazas sin el simpligita modelo de la teoria ŝarĝo, kaj la mezurdonan ŝarĝon oni difinas baze de probablo per metodo de la matematika statistiko.

En la 1970-aj jaroj la Germana Federacia Fervojo (DB) komisiis la Voj- kaj Fervoj-konstruan Katedron de la Tehnika Universitato en *München*, prilabori tiun procedon, kiu kapablas kalkuli la ŝarĝojn/streĉojn estiĝantajn en strukturo de la trako sub influo de ŝarĝo de la trafikantaj veturiloj.

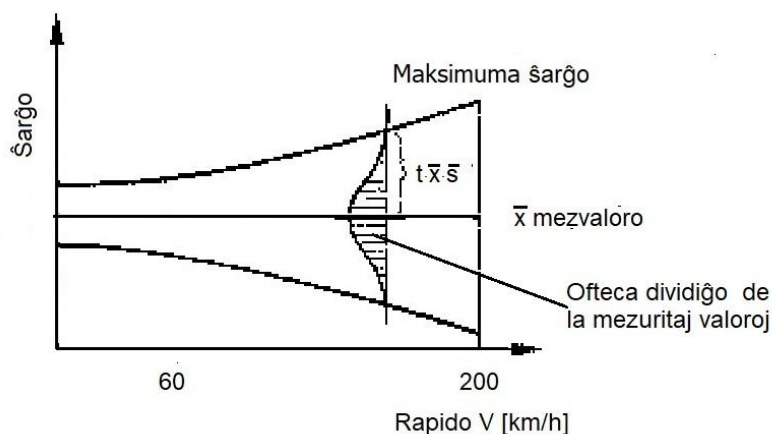


Fig. 54

Evoluo de ŝarĝoj en la trakstrukturoj pro efiko de la veturilŝarĝo depende de la rapido

Gvidanto de la esploro profesoro *Eisenmann* por plenumi la taskon elektis ne komplikan teorion modelon de la trako-veturilo sistemo, sed rezultojn de multnombra loka mezurado, ricevitajn dum funkciado de la fervojo, kiujn li prilaboris laŭ bazo de matematika statistiko.

Ĉi tiu metodo en la deirindikoj kaj ankaŭ en la finrezultoj sekvis la funkciadajn cirkonstancojn. Ĝi produktis mallongajn superrigardeblajn formulojn.

Rezultoj de la multnombra mezurado, pro pliigo de la rapido montris grandan variancan devion. Tiel je analizo de la mezuritaj valoroj unue oni devis difini mezvaloron de la mezuritaj rezultoj (plej probablan valoron de la mezuritaj rezultoj).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

kie:

x_i : mezuritaj rezultoj

n : nombro de la mezuroj

poste la variancan devion koncernigite al la t.n. mezvaloro

$$\bar{s} = \frac{s}{\bar{x}}$$

Supozante normalan distribuon de la mezuritaj rezultoj (rigardante la multnombrajn sendependajn datumojn) kaj konsiderante iliajn variancajn deviojn la mezurdonan rezulton donas la teoria formulo

$$X_M = \bar{x} + t \cdot s = \bar{x} + t \cdot \bar{s} \cdot \bar{x} = \bar{x} \cdot (1 + t \cdot \bar{s})$$

La mezurdonaj ŝarĝoj estas kapablaj rilatigante al lokaj mezuroj de la ŝarĝoj jene:

$$I_M = \bar{I} \cdot (1 + t \cdot \bar{s})$$

kie:

\bar{I} : mezvaloro de la mezuritaj rezultoj de la ŝarĝoj

t : faktoro depende de la postulita probablo

$t=1$ ĉe probablo 0,683

$t=2$ ĉe probablo 0,995

$t=3$ ĉe probablo 0,997

Ĉar la fervoja trafiko estas danĝera funkciado por kalkulo de surkonstruaĵaj strukturoj, oni devas uzi la $t=3$ valoron.

La faritaj lokaj eksperimentoj evidente konfirmis ke mezvaloro de la mezuritaj rezultoj bone konformas al valoroj de la ŝarĝoj/streĉoj teoriaj ŝarĝoj/streĉoj kalkulitaj laŭ procedo de *Zimmermann*.

Do, la mezurdonaj ŝarĝoj/streĉoj estas:

$$I_M = I_E \cdot (1 + t \cdot \bar{s}) = I_E \cdot \beta$$

kie:

I_E : ŝarĝoj/streĉoj kalkulitaj laŭ metodo de *Zimmermann*

β : *Eisenmann*-a dinamika faktoro

La varianca devio rilata al mezvaloro de la mezuritaj ŝarĝoj/streĉoj estas:

$$\bar{s} = \alpha \cdot \varphi$$

kie:

α : faktoro kiu dependas de la stato de la trako

$\alpha = 0,1$ okaze, se la trako estas en bonega stato (ekz. stato post rekonstruado)

$\alpha = 0,2$ okaze, se la trako estas en bona stato (ekz. normala funkciada stato)

$\alpha = 0,3$ okaze, se la trako estas en malbona stato (ekz. limsitua stato)

φ : faktoro kiu dependas de la rapido de la veturiloj

$\varphi = 1$ se $V \leq 60$ km/h

$\varphi = 1 + \frac{V-60}{140}$ se $60 \text{ km/h} \leq V \leq 200 \text{ km/h}$

Dum planado de la grandrapida fervoja funkciado en Germanio iĝis bezonata aplikado de la faktoro dependanta de rapido ĝis rapidlimo de 300 km/h. Tiam baze de praktikaj mezuroj kaj teoriaj kalkuloj profesoro *Eisenmann* proponis la sekvajn formulojn:

$\varphi = 1 + 0,5 \cdot \frac{V-60}{190}$ se $60 < V \leq 300$ km/h

$\varphi = 1 + 0,5 \cdot \frac{V-60}{80}$ se $60 < V \leq 140$ km/h

Por difini la mezurdonan ŝarĝon estis prilaboritaj diversaj metodoj. La Eŭropaj fervojoj komence uzis la metodon de *Zimmermann*. La metodoj de la amerikaj fervojoj estas malpli teoriaj, prefere ili difinis la postulojn per tabeloj kaj diagramoj. Baze de rezultoj de esploroj okazintaj en la lastaj jardekoj la Eŭropaj fervojoj proponas unuecan mezurkalkulan procedon de ORE. (ORE: *Office for Research and Experiments of the International Union of Railways*)

6,61 Metodo de *Zimmermann*

La kalkulo de teoria streĉo/ŝarĝo baziĝanta sur principo de anstataŭanta laŭlonga ŝpalo, ligiĝas al nomo de *Zimmermann*. Li supozis, ke la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas senfine longa, senpeza, elaste kuŝanta, firme fiksita trabo.

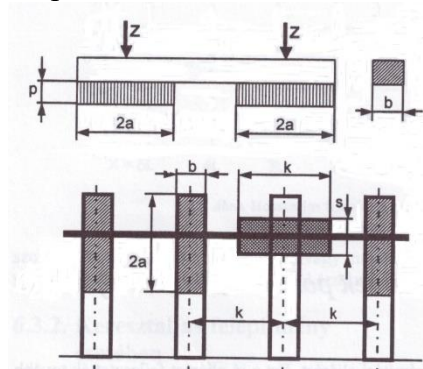


Fig. 55

Difino de larĝa dimensio de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo

Ĉi tiu metodo rigardas la trakon elaste apogita trabo. Por kalkulo de la teoria ŝarĝo, difini la forton efikan al unu ŝpalo, oni anstataŭas la transversŝpalan trakon per trako kun laŭlonga ŝpalo kuŝanta sur fiktiva elasta balasto. En la realaĵo la streĉoj de la trako estiĝas pro efiko de la movanta ŝarĝo, kaj karakterizaĵoj de la sistemo trako-veturilo ŝanĝiĝas laŭ funkcio de la loko.

Kondiĉo de la anstataŭebleco estas, ke elasta linio, fleksiĝo kaj streĉostato de la reala transversŝpala trako kaj tiu de la anstataŭanta trako teorie subtenata per laŭlonga ŝpalo estu samaj.

Larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo pro la egala balastopremo estas kalkulebla el egaleco de la subtenantaj surfacoj laŭ Figuro 55.

$$2a \cdot b = k \cdot s \rightarrow s = \frac{2ab}{k} \quad [mm] \quad (1)$$

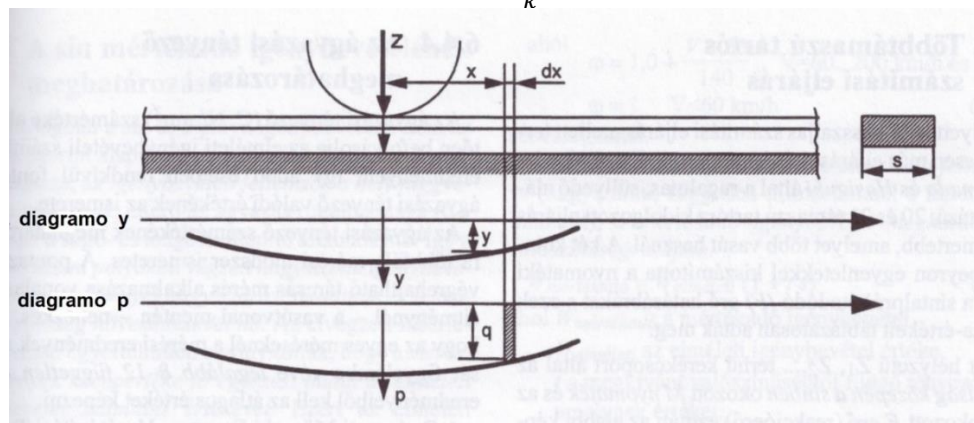


Fig. 56

Enpremiĝa kaj balastoprema diagramoj de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo

Baze de la Figuro 56 la elementa tondoforto dZ troviĝanta en distanco x de la vertikala radŝarĝo Z [N] estas:

$$dZ = qdx = psdx = Cysdx \quad \text{kaj} \quad \frac{dz}{dx} = Csy \quad (2)$$

diferenciala ekvacio de la elasta linio de la trabo estas:

$$\frac{M}{E \cdot I} = \frac{1}{x} \approx \frac{d^2y}{dx^2}$$

el kiu:

$$\frac{dM}{dx} = Z = -E \cdot I \frac{d^3y}{dx^3} \quad \text{kaj} \quad \frac{d^2M}{dx^2} = \frac{dZ}{dx} = -E \cdot I \frac{d^4y}{dx^4} \quad \frac{dZ}{dx} = C \cdot s \cdot y = -E \cdot I \frac{d^4y}{dx^4} \quad (3)$$

kaj post la ordigo:

$$-y = \frac{E \cdot I}{C \cdot s} \frac{d^4 y}{dx^4} \quad [mm] \quad (4)$$

Por solvi la ricevitan kvargradan diferencialan ekvacion ni enkondukas la esprimon

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot s}} \quad [mm] \quad (5)$$

kiu nomiĝas rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo. En la ekvacio

C: koeficiento de la subgrunda reakcio $[N/mm^3]$

E: elastecmodulo de materialo de la relo $[N/mm^2]$

I: inercia momanto de la relo $[mm^4]$

s: larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo $[mm]$

Sekve tion baze de (3) kaj (4)

$$-4y = L^4 \frac{d^4 y}{dx^4} \quad (6)$$

nun ni transiru al la variablo

$$\xi = \frac{x}{L} \quad [rad] \quad (7)$$

Tiam

$$dx = L d\xi \quad kaj \quad \frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{1}{L^4} \frac{d^4 y}{d\xi^4} \quad (8)$$

Substituante la esprimon (8) en la (6)-an

$$-4y = \frac{d^4 y}{d\xi^4} \quad (9)$$

Ĝenerala solvo de la ricevita kvargrada diferenciala ekvacio estas serĉita funkcio de la enpremiĝo, $y = f(\xi)$:

$$y = k \frac{\sin \xi + \cos \xi}{e \xi} = k \eta \quad (10)$$

Plue difino de la konstanto k okazas baze de Figuro 55

$$\frac{Z}{2} = C \cdot s \cdot \int_0^\infty y dx = C \cdot s \cdot L \cdot \int_0^\infty y d\xi$$

el kiu uzante la esprimon (10):

$$\frac{Z}{2CsL} \int_0^\infty y d\xi = k \int_0^\infty \eta d\xi = k \quad (11)$$

ĉar

$$\int_0^\infty \eta d\xi = 1$$

Substituante la ricevitan valoron de konstanto k en la esprimon (10) la funkcio de la enpremiĝo, $y = f(\xi)$ estas:

$$y = \frac{Z}{2CsL} \frac{\sin \xi + \cos \xi}{e \xi} = \frac{Z}{2CsL} \eta \quad [mm] \quad (12)$$

Aplikante la esprimon (12) ŝarĝo por unu milimetro de la trabo estas:

$$q = Csy = \frac{Z}{2L} \eta \quad [N/mm] \quad (13)$$

kaj la transdonanta forto ĉe la relpiedo estas:

$$F = k \cdot q = \frac{kZ}{2L} \eta \quad [N] \quad (14)$$

Diferenciala ekvacio de elasta linio de la trabo por difini la momanton estiĝantan sub influo de radŝarĝo Z, konsiderante la esprimon (7)

$$M = -E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{E \cdot I}{L^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} \quad (15)$$

baze de (12) $\frac{d^2y}{d\xi^2} = -2k \frac{-\sin\xi + \cos\xi}{e^\xi} = -2k\mu$ kaj $M = \frac{2kEI}{L^2} \mu$

Substituante la valoron de k baze de (11) kaj farante la operaciojn la serĉita funkcio, $M=f(\xi)$ estas:

$$M = \frac{Z \cdot L}{4} \mu \quad [Nmm] \quad (16)$$

La statika streĉo estiĝante en la fervojaj reloj estas:

$$\sigma_{st} = \frac{M}{K} \quad [N/mm^2] \quad (17)$$

kie:

K: kversekca koeficiento de la relo $[mm^3]$

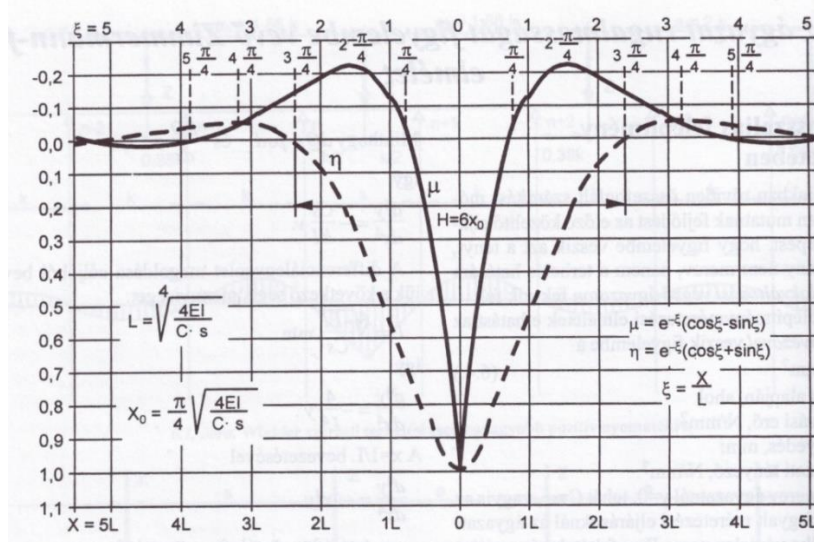


Fig. 57

Efikdiagramoj de momento (μ) kaj enpremiĝo (η) de la laŭlongaj ŝpaloj

Tabelo 4

Formuloj de kalkulmetodo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo			
Loko de la ekzameno	Enpremiĝo y, mm	Momento M, Nmm	Forto transdonata de la relpiedo F, N
En kversekco sub la radŝarĝo	$y = \frac{Z}{2sCL} \quad (18)$	$M = \frac{ZL}{4} \quad (19)$	$F = \frac{kZ}{2L} \quad (20)$
En kversekco je distanco x de la radŝarĝo	$y = \frac{Z}{2sCL} \eta \quad (21)$	$M = \frac{ZL}{4} \mu \quad (22)$	$F = \frac{kZ}{2L} \eta \quad (23)$
Karakterizaj estigantaj pro efiko de pluraj radŝarĝoj	$y = \frac{1}{2sCL} \sum Z \eta \quad (24)$	$M = \frac{L}{4} \sum Z \mu \quad (25)$	$F = \frac{k}{2L} \sum Z \eta \quad (26)$
Mezurona karakterizaĵo (Ekz. en kversekco sub la radŝarĝo)	$y = \frac{Z}{2sCL} (1 + t\bar{s}) \quad (27)$	$M = \frac{ZL}{4} (1 + t\bar{s}) \quad (28)$	$F = \frac{kZ}{2L} (1 + t\bar{s}) \quad (29)$

Ĉe mezurkalkulado de transversaj betonŝpaloj ni supozas konataj dimensiojn, formon de la betonŝpalo, nombron kaj aranĝon de la ŝtalaj enmetaĵoj kaj la material-karakterizaĵojn. Tiel ni faras kontrolon. La kalkulado okazas inverse. Unue ni difinas la ŝarĝon, transdonatan de relo F , kaj la mezurdonajn momantojn, poste la limŝarĝojn. Sekve tion ni komparas la mezurdonajn ŝarĝojn kun la limŝarĝoj tiel determinante ŝarĝoportkapablon de la betonŝpalo. Fine ni kontrolas la betonŝpalon el vidpunktoj de tondo kaj balasta premo.

La forto transdonata de relpiedo al betonŝpalo (laŭ formulo (29) de Tabelo 4) estas:

$$F = \frac{kZ}{2L} (1 + t\bar{s})$$

kun ĉi tiu forto tenas ekvilibron la balastreakcio, kies distribuo estas nekonata.

Ĉe determino de streĉoj de la transversa betonŝpalo la elasteca supozo $p = C \cdot y$ laŭ la faritaj eksperimentoj ne donas konforman rezulton al la realaĵo, ĉar la valoro de C koeficiento de la subgrunda reakcio ŝanĝiĝas laŭ longo de la betonŝpalo.

Laŭ fakaj opinioj la realaĵon sufiĉe bone aliras la sonorilforma distribuo de la balastreacio. Ĉi tiun formon ni povas alproksimi en du paŝoj. Laŭ la unua supozo la balastreacio q distribuas egalmezure sub la ŝarĝtransdona surfaco. La sonorilforman, kaj al la realaĵo pli bone konvenan distribuon prefere alproksimas la dua supozo, kiu konsideras triangulforman distribuon. Se ni supozas, ke la sonorilforma distribuo ĉe ekstremoj de la ŝarĝtransdona surfaco ne malpliigis ĝis nulo, ni povas aserti, ke la realaĵo estas inter la du menciitaj eblecoj

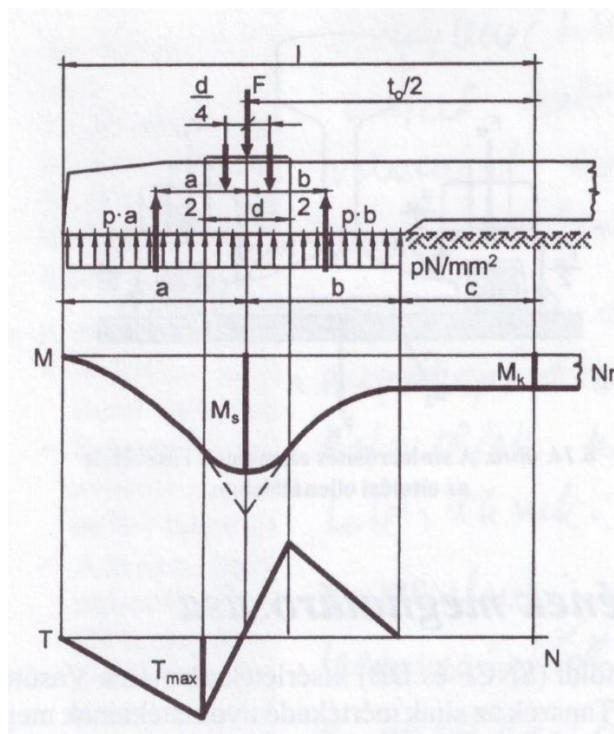


Fig 58

Egalmezura distribuo de la balastreacio

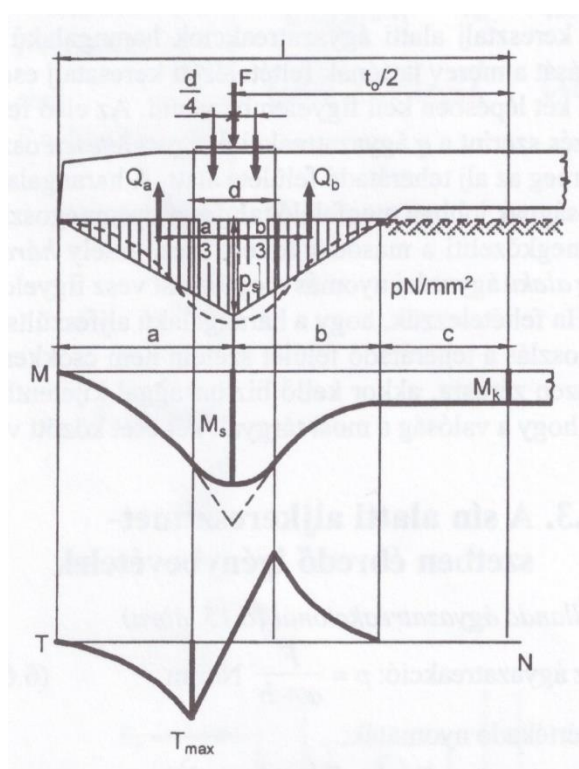


Fig. 59

Triangulforma distribuo de la balastreacio

6,611 Streĉoj estiĝantaj en la subrela kversekco

a) Ĉe egalmezura distribuo de la balastreacio:

la balastreacio estas:

$$p = \frac{F}{a+b} \quad [\text{N/mm}]$$

la mezurdona momento estas:

$$M_s^{egal} = p \cdot a \frac{a}{2} - \frac{F \cdot d}{2 \cdot 4} = \frac{F}{2} \left(\frac{a^2}{a+b} - \frac{d}{4} \right) \quad [\text{Nmm}]$$

kie:

- F: transdonata forto sur la betonŝpalon de la relpiedo (de relsidplato) [N]
- a, b: longo de ŝarĝtransdona surfaco de la betonŝpalo ambaŭflanke, mezurante de vertikala akso de la relo [mm]
- d: larĝo de la relsidplato (se ĝi ne estas tiu de la relpiedo) [mm]

la mezurdona tondoforto:

$$T_{max}^{egal} = p \left(a - \frac{d}{2} \right) \quad [\text{N}]$$

b) Ĉe triangulforma distribuo de la balastreakcio:

plej granda valoro de la balastreakcio estas:

$$p_s = F \frac{2}{a+b} \quad [\text{N/mm}]$$

la rezultantoj de la du triangulformaj distribuoj de la balastreakcio Q_a kaj Q_b estas:

$$Q_a = p_s \cdot \frac{a}{2} = F \frac{a}{a+b} \quad [\text{N}]$$

$$Q_b = p_s \cdot \frac{b}{2} = F \frac{b}{a+b} \quad [\text{N}]$$

la mezurdona momento estas:

$$M_s^{tri} = Q_a \cdot \frac{a}{3} - \frac{F}{2} \cdot \frac{d}{4} = F \left[\frac{a^2}{3 \cdot (a+b)} - \frac{d}{8} \right] \quad [\text{Nmm}]$$

la mezurdona tondoforto estas:

$$T_{max}^{tri} = \frac{p'_s \cdot \left(a - \frac{d}{2} \right)}{2} \quad [\text{N}]$$

$$\text{kie: } p'_s = p_s \cdot \frac{a - \frac{d}{2}}{a} \quad [\text{N}]$$

c) Ĉe sonorilforma distribuo de la balastreakcio:

La sonorilforman distribuon de la balastreakcio ni kalkulas kiel mezvaloron de la antaŭaj du supozoj:

la mezurdona momento en la subrela kversekco estas:

$$M_s = \frac{M_s^{egal} + M_s^{tri}}{2} = F \left[\frac{a^2}{2,4(a+b)} - \frac{d}{8} \right] \quad [\text{Nmm}]$$

a mezurdona tondoforto estas:

$$T_{max} = \frac{T_{max}^{egal} + T_{max}^{tri}}{2} = \frac{\left(p + \frac{p'_s}{2} \right) \left(a - \frac{d}{2} \right)}{2} \quad [\text{N}]$$

6,612 Mezurdonaj momentoj en meza kversekco de la betonŝpalo

a) Mezurdonaj momentoj okaze de egalmezura distribuo de la balastreakcio:

$$M_K^{egal} = F \left(\frac{t_0}{2} + \frac{a-b}{2} \right) - F \frac{t_0}{2} = F \frac{a-b}{2} \quad [\text{Nmm}]$$

kie: t_0 estas la distanco inter aksoj de la reĵoj

Ĉi tiu momento estas negativa se $a < b$, kaj pozitiva, se $a > b$.

b) Mezurona momanto okaze de triangulforma distribuo de la balastreackio:

$$M_K^{tri} = Q_a \left(\frac{t_0}{2} + \frac{a}{3} \right) + Q_b \left(\frac{t_0}{2} - \frac{b}{3} \right) - F \frac{t_0}{2} = F \frac{a^2 - b^2}{3(a+b)} = F \frac{a-b}{3} \quad [\text{Nmm}]$$

Ankaŭ ĉi tiu momanto estas negativa se $a < b$, kaj pozitiva, se $a > b$. Se $a=b$, la momanto estas nulo.

c) Mezurona momanto okaze de sonorilforma distribuo de la balastreackio:

Kalkulante mezvaloron de la antaŭaj du supozoj, la mezurona momanto estas:

$$M_K = \frac{M_K^{egal} + M_K^{tri}}{2} = F \frac{a-b}{2,4} \quad [\text{Nmm}]$$

6,62 Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ preskriboj de AREA en Usono

La Usonaj mezurkalkulaj preskriboj estas malpli teoriaj ol la Eŭropaj. Unuflanke oni difinas tiujn limojn, kiuj el vidpunkto de la fervoja funkciado ne estas transpaŝeblaj.

Geometriaj dimensioj:

- longo de la betonŝpalo 2430 – 2740 mm
- larĝo de la betonŝpalo 203 – 330 mm
- alto de la betonŝpalo 152 – 254 mm
- premo de la balasto maksimume 0,588 N/mm²

La Usonaj preskriboj rezultigas tiajn dimensiojn por la betonŝpaloj, kiuj konvenas al malfacilaj cirkonstancoj de la Usonaj trakoj, tiel ŝarĝportkapablo de tiuj betonŝpaloj estas grave pli granda ol tiu de la Eŭropaj.

Aliparte oni difinas la pozitivan enkonstruan fleksan momenton de la subrela kversekco laŭ spertaj datenoj.

$$M = B \cdot V \cdot T$$

kie:

M: pozitiva enkonstrua fleksa momento de la subrela kversekco [kNm]

B: baza fleksa momanto, kiun oni difinas depende de la ŝpaldistanco kaj longo de la betonŝpalo [kNm]

V: faktoro dependanta de la rapido kiu troveblas en tabelo

T: koeficiento dependanta de kvanto de la transportataj varoj

Specialaĵoj de la Usonaj preskriboj estas ke ili difinas la pluajn bezonatajn momantojn depende de la pozitiva enkonstrua fleksa momento de la subrela kversekco kaj longo de la betonŝpalo.

6,63 Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ rekomendo de ORE D 171

La mezurona momanto de la subrela kversekco en enkonstrua situacio estas:

$$M_s = \psi_1 \cdot \phi \cdot \chi \cdot A \cdot M_t$$

kie.

M_t: teoria momanto kalkulite el la nominala radŝarĝo por kiu estas konsiderite nur la ŝtopita longo de la betonŝpalo [kNm]

A: faktoro de distribuo de la ŝarĝo, kiu montras la po ŝpalo la kvanton de la nominala radŝarĝo, kies valoro ĝenerale estas 0,4 – 0,6

ϕ: mezuron de la rapido oni konsideras per dinamika faktoro

χ : en la realo distribuo de la balastreakcio ne estas egalmezura, la pluson devenantan el tio oni konsideras per uzo de koeficiento kies valoro estas 1,35
 ψ_1 : en la realo la distribuo de la balastreakcio laŭ la tuta longo de la betonŝpalo povas esti ankaŭ parabola, kiun oni konsideras per pliiga koeficiento

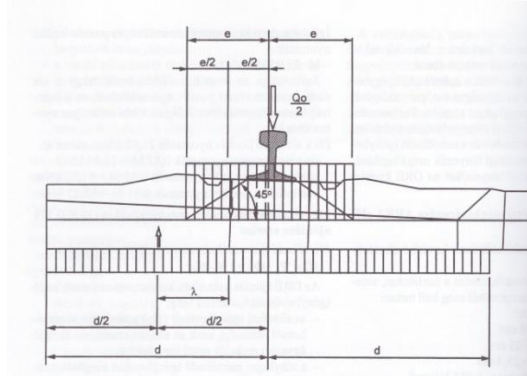


Fig. 60
Figuro de la ŝarĝo laŭ ORE

Teoria momento:

$$M_e = \frac{Q_0 \cdot \lambda}{4}$$

kie:

Q_0 estas la nominala radaksa ŝarĝo

$\lambda = \frac{d-e}{2}$ estas brako de la aktivaj kaj pasivaj fortoj laŭ Figuro 60

La modifaj faktoroj:

- Faktoro de distribuo de la ŝarĝo kalkuleblas per metodo de Zimmermann por anstataŭanta laŭlonga ŝpalo, tamen estas laŭcele uzi la valoron proponitan de ORE, kiu estas $A=0,5$
- Dinamika faktoro baze de esploroj de ORE estas

se $V=200$ km/h	$\phi=1,75$
se $V=140$ km/h	$\phi=1,5$
- Dinamika pluso pro ne egalmezura distribuo de la balastreakcio baze de esploroj de ORE estas $\chi=1,35$
- Dinamika koeficiento pro formo de la balastreakcio. La teoria ortangula distribuo de la balastreakcio en iom da parto de la okazoj ne realiĝas. Pro ŝtopado de la balasto transdono de la ŝarĝo okazas ĉe randoj de la subapoga surfaco, tiel la balastreakcio montras parbolecan distribuon. Vidu Figuron 61. Laŭ esploroj de ORE la dinamika pluso estas: $\psi_1= 1,6$

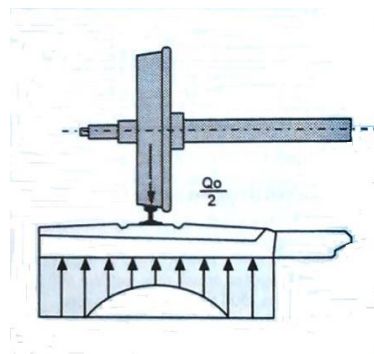


Fig. 61
Parboleca distribuo de la balastreakcio

La mezurdona momanto de la meza kversekco

La rekomendo de ORE D 171 la mezurdonan momanton de la meza kversekco deduktas el la mezurdona momanto de la subrela kversekco

$$M_K = \psi_2 \cdot I_K / I_S \cdot M_S$$

La modifaj faktoroj por la mezurdona momanto de la meza kversekco :

- Dinamika koeficiento pro ne simetria lokiĝo de la balastreacio $\psi_2 = 1,2$
- Dinamika pluso pro malsama rigideco de la kversekcoj: I_K/I_S

kie:

I_K estas inercia momanto de la meza kversekco

I_S estas inercia momanto de la subrela kversekco

6,64 Kalkulo de mezurdonaj momantoj laŭ rekomendo de UIC 713

La UIC aperigis en 2004 sian rekomendon (*UIC 713: Design of monoblock concrete sleepers*) kiu proponas kalkulmetodon por projektado de unublokaj betonŝpaloj. Aplikado de ĉi tiu rekomendo donas eblecon difini la momantojn estiĝantajn en la betonŝpaloj. Por la kalkulado la rekomendo donas helpon de paŝo al paŝo difini, la momantojn. La ricevitaj rezultoj estas projektaj valoroj de la fendaj kaj rompaj momantoj.

Okaze de uzo de la rekomendo por projektado, ne estas bezonate konsideri la long- kaj transversdirektajn ŝarĝojn, nur oni devas difini la momantojn devenantajn el la vertikalaj ŝarĝoj. Projektaj indikoj:

Rapido (V)	Radaksa ŝarĝo (Q ₀)		
	180 kN	225 kN	250 kN
120 [km/h]	X	X	X
200 [km/h]	X	X	
300 [km/h]	X		

La dinamika pluso (γ_v) devenas el anomalioj de la trako kaj veturiloj, ĝia grandeco dependas de la rapido. Laŭ propono de UIC:

Rapido	γ_v
V < 200 km/h	0,5
V ≥ 200 km/h	0,75

La elastaj subrelaj enmetaĵoj amortizas la vibradon. Iliajn efikojn oni konsideras per uzo de dinamika pluso dependanta de amortizo (γ_p).

Tipo	Amortizo	γ_p
Malgranda amortizo	< 15 %	1,00
Meza amortizo	> 15 – 30 %	0,89
Granda amortizo	> 30 %	0,78

Koeficiento, kiu konsideras la distribuon inter la betonŝpaloj (γ_d). Ĉe tipaj surkonstruajaj strukturoj, kiam la maso de la relo estas pli ol 46 kg/m, kaj la ŝpaldistanco malpli ol 65 cm, la valoro de ĉi tiu koeficiento estas 0,5.

Koeficiento de plusa ŝarĝo (γ_r), devenanta el difektoj de la trako (ekz.: enpremiĝo). Ĝia tipa valoro estas 1,35

La projekta valoro de ŝarĝo transdonata de la relsidplato/relpiedo estas:

$$F_d = \frac{Q_0}{2} \cdot (1 + \gamma_p \cdot \gamma_V) \cdot \gamma_d \cdot \gamma_r \quad [\text{kN}]$$

Kalkulo de projekta valoro de la postulata pozitiva fenda momanto en subrela kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{sf}^+ = \gamma_i \cdot F_d \cdot \frac{\lambda}{2} \quad [\text{kNm}]$$

En la formulo la koeficiento γ_i konsideras la dinamikajn plusojn devenantajn el apogdifektoj troviĝantaj laŭ longo de la betonŝpalo. Ĝia tipa valoro estas 1,6.

Kalkulo de la fortobrakoj λ okazas baze de dimensioj de la betonŝpalo.

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} \quad [\text{m}]$$

L_p helpfaktoro estas determinebla per longo de la betonŝpalo kaj distanco de la relaxoj:

$$L_p = \frac{L - t}{2} \quad [\text{m}]$$

kie.

L: longo de la betonŝpalo [m]

t: distanco de la relaxoj [m]

La larĝo de la ŝarĝodistribuo:

$$e = \frac{s + d}{2} \quad [\text{m}]$$

kie:

s: larĝo de la relpiedo [m]

d: alto de la betonŝpalo sub la relo [m]

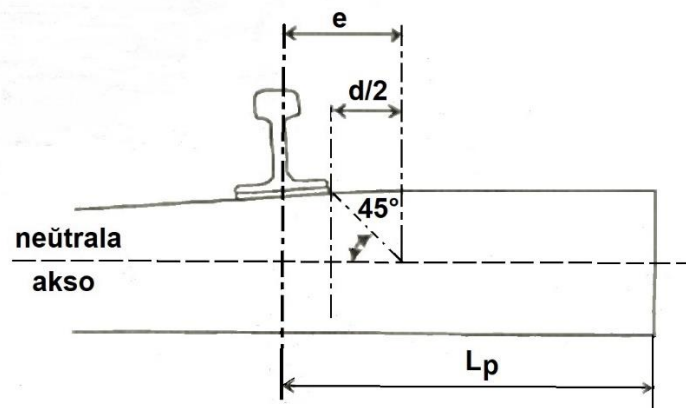


Fig. 62

Geometria klarigo de literoj troviĝantaj en la formuloj

La postulata negativa fenda momanto en subrela kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{sf}^- = -0,5 \cdot M_{sf}^+ \quad [\text{kNm}]$$

La postulata negativa fenda momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kf}^- = -1,2 \cdot M_{sf}^+ \cdot \frac{I_K}{I_S}$$

kie:

I_K estas inercia momanto de la meza kversekco

I_S estas inercia momanto de la subrela kversekco

La postulata pozitiva fenda momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kf}^+ = -0,7 \cdot M_{Kf}^-$$

Kalkulo de la postulata pozitiva rompa momanto en subrela kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Sr}^+ = k_2 \cdot M_{Sf}^+$$

La postulata negativa rompa momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kr}^- = k_2 \cdot M_{Kf}^-$$

Valoron de la rompa momanto oni konfirmas per statika (rompa) ekzameno, tiel la koeficiento k_2 estas 2,5.

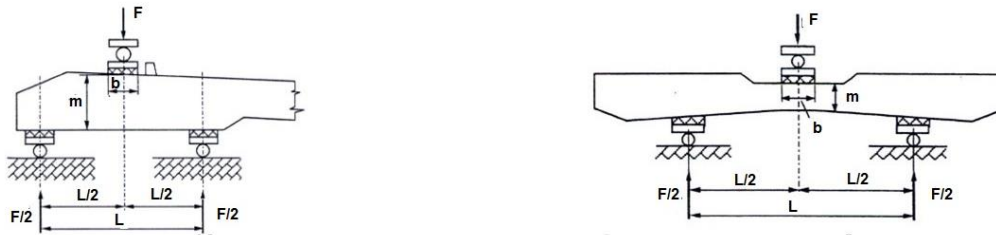


Fig. 63

Rompa ekzameno de la betonŝpaloj

6,65 Cifera ekzemplo

Laŭ la konkerna normo oni devas konfirmi per kalkulo, ke kontraŭfenda ŝarĝportkapablo de la ekzamenata betonŝpalo en la subrela kaj meza kversekcoj estas pli granda, ol la mezurdona valoro preskribita de tiu fervojo, kiu intencas uzi la betonŝpalon. Aplikadon de prezentitaj kalkulmetodoj ni montras per helpo de cifera ekzemplo. Ni ekzamenas la plej modernan hungaran betonŝpalon, Lw- tipan.

6,651 Kalkulo laŭ metodo de Zimmermann

Bazindikoj:

Radaksa ŝarĝo:	$Q_0 = 225$ [kN]
Maksimuma rapido:	$V = 200$ [km/h]
Radŝarĝo:	$Z = \frac{Q_0}{2} = \frac{225}{2} = 112,5$ [kN]
Koeficiento de la subgrunda reakcio:	$C = 0,15$ [N/mm ³] (bonkvalita balasto „konstrua stato”) $C = 0,1$ [N/mm ³] (uzata balasto „funkcia stato”) $C = 0,05$ [N/mm ³] (eluzita balasto „bontenada stato”)
Elastecmodulo de la materialo de la relo:	$E = 2,06 \cdot 10^5$ [N/mm ²]
Inercia momanto de la relo:	$I = 3055 \cdot 10^4$ [mm ⁴] (relo: UIC 60)
Dimensioj de la Lw- tipa betonŝpalo	
Longo de la subtenanta parto sub la relo:	$2a = 980$ [mm]
Larĝo sub la relo:	$b = 300$ [mm]
Ŝpaldistanco:	$k = 600$ [mm]
Faktoro depende de la postulita probablo:	$t = 3$ (ĉe probablo 0,997)

La mezurkalkuladon ni faras en tri statoj de la trako, en „konstrua”, „funkcia” kaj „bontenada” statoj. Tiel ni povas ricevi bildon pri tio, kiel influas la stato de la trako la ŝarĝojn.

6,6511 Ekzameno en „konstrua stato”

Larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$s = \frac{2a \cdot b}{k} = \frac{980 \cdot 300}{600} = 490 \quad [\text{mm}]$$

Rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot s}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 3055 \cdot 10^4}{0,15 \cdot 490}} = 765 \quad [\text{mm}]$$

La varianca devio rilata al mezvaloro de la mezuritaj ŝarĝoj/streĉoj estas:

$$\bar{s} = \alpha \cdot \varphi = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

kie:

φ : faktoro kiu dependas de rapido de la veturiloj estas:

$$\text{se } 60 \text{ km/h} \leq V \leq 200 \text{ km/h} \quad \varphi = 1 + \frac{V-60}{140} = 1 + \frac{200-60}{140} = 2$$

α : faktoro kiu dependas de la stato de la trako estas:

$\alpha = 0,1$ se la trako estas en bonega stato (ekz. stato post rekonstruado)

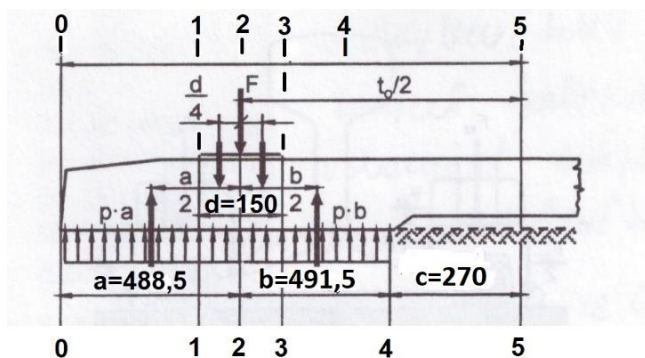
La forto trandonata de relpiedo al betonŝpalo estas:

$$F = \frac{k \cdot Z}{2L} (1 + t \cdot \bar{s}) = \frac{600 \cdot 112,5}{2 \cdot 765} (1 + 3 \cdot 0,2) = 70,588 \quad [\text{kN}]$$

La mezurdona momento en la subrela kversekco estas:

$$M_s = \frac{M_s^{egal} + M_s^{tri}}{2} = F \left[\frac{a^2}{2,4(a+b)} - \frac{d}{8} \right] = 70588 \left[\frac{488,5^2}{2,4 \cdot (488,5 + 491,5)} - \frac{150}{8} \right] = 5838283 \quad [\text{Nmm}] = 5,838 \quad [\text{kNm}]$$

Kalkulado de la momantoj en elektitaj kversekcoj:



- 0 ekstera fino de la betonŝpalo
- 1 ekstera fino de la relpiedo
- 2 relakso
- 3 interna fino de la relpiedo
- 4 interna fino de subtenanta surfaco de la betonŝpalo
- 5 trakakso

Fig.64

Signoj kaj lokoj de la ekzamenataj kversekcoj

Kalkulo de momantoj okaze de egalmezura distribuo de la balastreackio

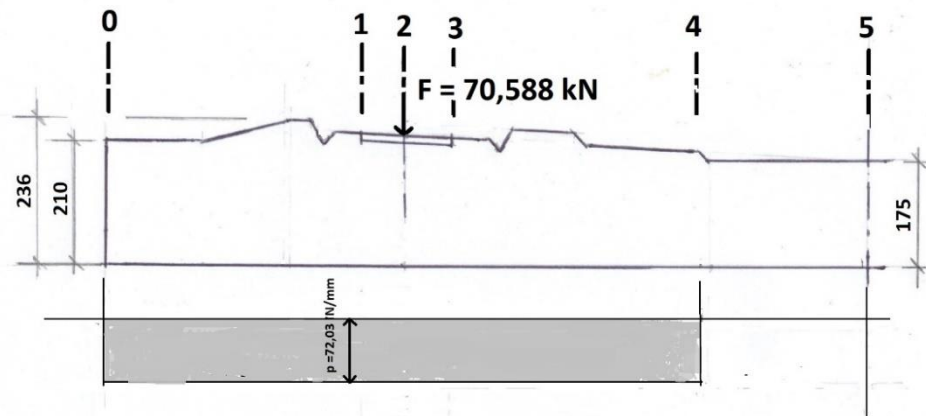


Fig. 65

Egalmezura distribuo de la balastreackio en „konstrua stato”

La distribuita ŝarĝo, la balastreackio estas (Vd. Fig. 64)

$$a = 488,5 \text{ mm}, b = 491,5 \text{ mm} \quad a+b = 980 \text{ mm}, c = 270 \text{ mm}, d = 150 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F}{a+b} = \frac{70588}{980} = 72,029 \text{ [N/mm]}$$

$$M_0 = 0$$

$$M_1 = p \frac{(a-d)^2}{2} = \frac{F}{(a+b)} \cdot \frac{(a-d)^2}{2} = 70588 \cdot \frac{(488,5 - \frac{150}{2})^2}{2 \cdot 980} = 6157804 \text{ Nmm} \quad 6,158 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{a^2}{a+b} - \frac{d}{4} \right) = \frac{70588}{2} \cdot \left(\frac{488,5^2}{980} - \frac{150}{4} \right) = 7270645 \text{ Nmm} \quad 7,270 \text{ kNm}$$

$$M_3 = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{(a+d)^2}{a+b} - d \right) = \frac{70588}{2} \cdot \left(\frac{(488,5 + \frac{150}{2})^2}{980} - 150 \right) = 6141597 \text{ Nmm} \quad 6,142 \text{ kNm}$$

$$M_4 = F \cdot \left(\frac{a+b}{2} - b \right) = 70588 \cdot \left(\frac{980}{2} - 491,5 \right) = -105882 \text{ Nmm} \quad -0,106 \text{ kNm}$$

$$M_5 = -105882 \text{ Nmm} \quad -0,106 \text{ kNm}$$

Kalkulo de momantoj okaze de triangulforma distribuo de la balastreackio

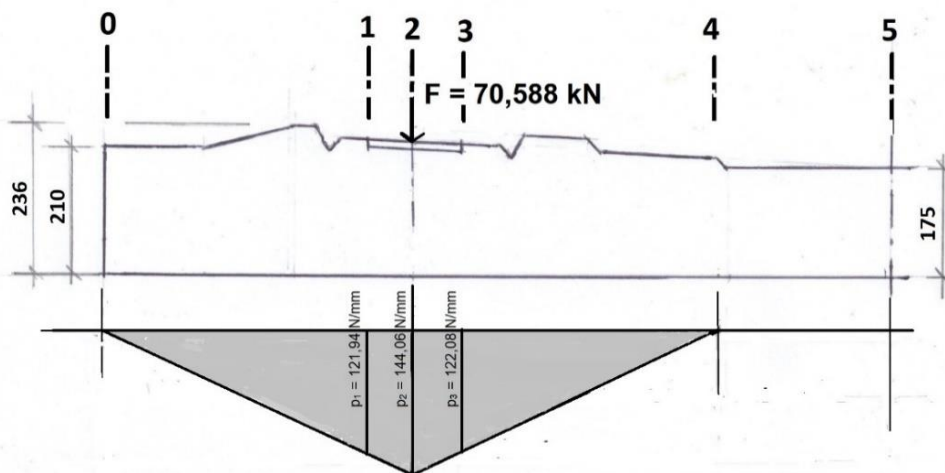


Fig. 66

Triangulforma distribuo de la balastreackio en „konstrua stato”

Valoroj de la balastrearkcio en la ekzamenataj kversekcoj estas:

$$p_0 = 0 \text{ N/mm}$$

$$p_1 = 121,940 \text{ N/mm}$$

$$p_2 = p_{maks} = \frac{2F}{(a+b)} = \frac{2 \cdot 70588}{980} = 144,057 \text{ N/mm}$$

$$p_3 = 122,075 \text{ N/mm}$$

$$p_4 = 0 \text{ N/mm}$$

$$p_5 = 0 \text{ N/mm}$$

La momantoj estas:

$$M_0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = \frac{413,5^2}{3} \cdot \frac{121,94}{2} = 3474929 \text{ Nmm} \quad 3,475 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \frac{488,5^2}{3} \cdot \frac{144,057}{2} - \frac{70588}{2} \cdot 37,5 = 4405916 \text{ Nmm} \quad 4,406 \text{ kNm}$$

$$M_3 = \frac{488,5 \cdot 144,057}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + \frac{150}{2} \right) - 70588 \cdot \frac{150}{2} + \frac{144,057 + 122,075}{2} \cdot \frac{150}{2} \cdot 38,532 = 3458832 \text{ Nmm} \quad 3,459 \text{ kNm}$$

$$M_4 = \frac{488,5 \cdot 144,057}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 \right) - 70588 \cdot 491,5 + \frac{491,5 \cdot 144,057}{2} \cdot \frac{2 \cdot 491,5}{3} = -70622 \text{ Nmm} \quad -0,071 \text{ kNm}$$

$$M_5 = \frac{488,5 \cdot 144,057}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 + 270 \right) - 70588 \cdot (491,5 + 270) + \frac{491,5 \cdot 144,057}{2} \cdot \left(\frac{2 \cdot 491,5}{3} + 270 \right) = -70641 \text{ Nmm} \quad -0,071 \text{ kNm}$$

Valoroj de la momantoj okaze de sonorilforma distribuo de la balastrearkcio estas:

$$M_0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_1 = \frac{6,158 + 3,475}{2} = 4,816 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \frac{7,27 + 4,406}{2} = 5,838 \text{ kNm}$$

$$M_3 = \frac{6,142 + 3,459}{2} = 4,800 \text{ kNm}$$

$$M_4 = \frac{-0,106 - 0,071}{2} = -0,088 \text{ kNm}$$

$$M_5 = -0,088 \text{ kNm}$$

6,6512 Ekzameno en „funkcia stato”

Larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$s = \frac{2a \cdot b}{k} = \frac{980 \cdot 300}{600} = 490 \text{ [mm]}$$

Rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot s}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 3055 \cdot 10^4}{0,1 \cdot 490}} = 846,6 \text{ [mm]}$$

La varianca devio rilata al mezvaloro de la mezuritaj ŝarĝoj/streĉoj estas:

$$\bar{s} = \alpha \cdot \varphi = 2 \cdot 0,2 = 0,4$$

kie: φ : faktoro kiu dependas de rapido de la veturiloj estas:

$$\text{se } 60 \text{ km/h} \leq V \leq 200 \text{ km/h} \quad \varphi = 1 + \frac{V-60}{140} = 1 + \frac{200-60}{140} = 2$$

α : faktoro kiu dependas de stato de la trako estas:

$\alpha = 0,2$ se la trako estas en bona stato (ekz. en funkciado)

La forto transdonata de relpiedo al betonŝpalo estas:

$$F = \frac{k \cdot Z}{2L} (1 + t \cdot \bar{s}) = \frac{600 \cdot 112,5}{2 \cdot 846,6} (1 + 3 \cdot 0,4) = 87,703 \text{ [kN]}$$

La mezurdona momanto en la subrela kversekco estas:

$$M_S = \frac{M_S^{egal} + M_S^{tri}}{2} = \frac{F}{4} \left[\frac{5}{3} \cdot \frac{a^2}{(a+b+\frac{c}{2})} - \frac{d}{2} \right] = \frac{87,703}{4} \left[\frac{5}{3} \cdot \frac{488,5^2}{(488,5+491,5+\frac{270}{2})} - \frac{150}{2} \right] = 6176782 \text{ [Nmm]} = 6,177 \text{ [kNm]}$$

Kalkulo de momantoj okaze de egalmezura distribuo de la balastreackio

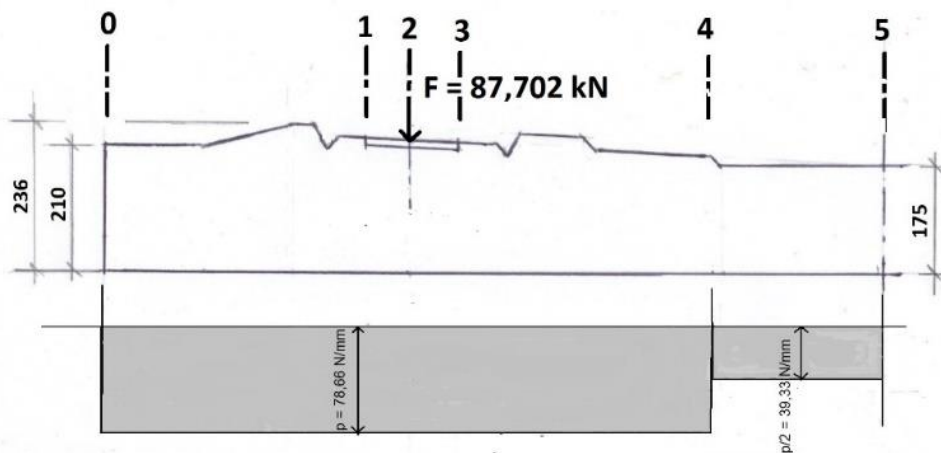


Fig. 67

Egalmezura distribuo de la balastreackio en „funkcia stato”

$$p = \frac{F}{(a+b)+\frac{c}{2}} = \frac{87703}{1115} = 78,657 \text{ [N/mm]}$$

$$M_0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = p \frac{(a-\frac{d}{2})^2}{2} = \frac{F}{(a+b+\frac{c}{2})} \cdot \frac{(a-\frac{d}{2})^2}{2} = 87703 \cdot \frac{(488,5-\frac{150}{2})^2}{2 \cdot 1115} = 6724509 \text{ Nmm} \quad 6,724 \text{ kNm}$$

$$M_2 = F \cdot \left(\frac{a^2}{2 \cdot (a+a+\frac{c}{2})} - \frac{d}{8} \right) = 87703 \cdot \left(\frac{488,5^2}{2 \cdot 1115} - \frac{150}{8} \right) = 7740665 \text{ Nmm} \quad 7,741 \text{ kNm}$$

$$M_3 = F \cdot \left(\frac{(a+\frac{d}{2})^2}{2 \cdot (a+b+\frac{c}{2})} - \frac{d}{2} \right) = 87703 \cdot \left(\frac{(488,5+\frac{150}{2})^2}{2 \cdot 1115} - \frac{150}{2} \right) = 5910406 \text{ Nmm} \quad 5,910 \text{ kNm}$$

$$M_4 = F \cdot \left(\frac{(a+b)^2}{2 \cdot (a+b+\frac{c}{2})} - b \right) = 87703 \cdot \left(\frac{980^2}{2 \cdot 1115} - 491,5 \right) = -5334742 \text{ Nmm} \quad -5,335 \text{ kNm}$$

$$M_5 = p \cdot (a+b) \cdot \left(\frac{a+b}{2} + c \right) - F \cdot (b+c) + \frac{p}{2} \cdot \frac{c^2}{2} = 78,657 \cdot 980 \cdot 760 - 87703 \cdot 761,5 + 39,328 \cdot 36450 = -6768595 \text{ Nmm} \quad -6,768 \text{ kNm}$$

Kalkulo de momantoj okaze de triangulforma distribuo de la balastreackio

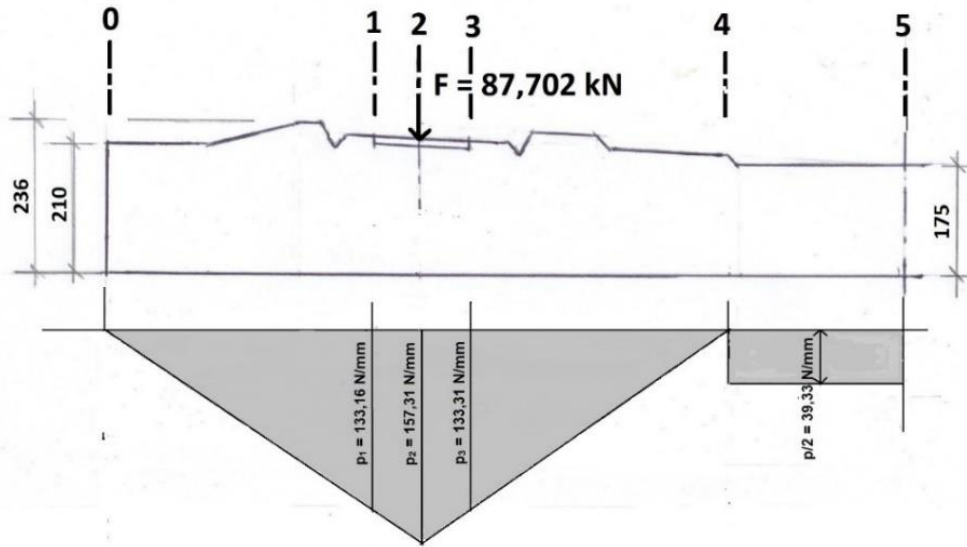


Fig. 68
Triangulforma distribuo de la balastreackio en „funkcia stato”

Valoroj de la balastreackio en la ekzamenataj kversekcoj estas:

$$\begin{aligned}
 p_0 &= 0 \text{ N/mm} \\
 p_1 &= 133,161 \text{ N/mm} \\
 p_2 &= p_{maks} = \frac{2F}{(a+b)} \left(1 - \frac{c}{2 \cdot (a+b + \frac{c}{2})} \right) = \frac{2 \cdot 87703}{980} \left(1 - \frac{270}{2 \cdot 1115} \right) = 157,314 \text{ N/mm} \\
 p_3 &= 133,308 \text{ N/mm} \\
 p_{41} &= 0 \text{ N/mm} \\
 p_{42} &= 39,328 \text{ N/mm} \\
 p_5 &= 39,328 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

La momantoj estas:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= 0 \text{ Nmm} \\
 M_1 &= \frac{413,5^2}{3} \cdot \frac{133,16}{2} = 3794666 \text{ Nmm} && 3,795 \text{ kNm} \\
 M_2 &= \frac{488,5^2}{3} \cdot \frac{157,314}{2} - \frac{87703}{2} \cdot 37,5 = 4612268 \text{ Nmm} && 4,612 \text{ kNm} \\
 M_3 &= \frac{488,5 \cdot 157,314}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + \frac{150}{2} \right) - 87703 \cdot \frac{150}{2} + \frac{157,314 + 133,308}{2} \cdot \frac{150}{2} \cdot 38,53 = \\
 &2980682 \text{ Nmm} && 2,980 \text{ kNm} \\
 M_4 &= \frac{488,5 \cdot 157,314}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 \right) - 87703 \cdot 491,5 + \frac{491,5 \cdot 157,314}{2} \cdot \frac{2 \cdot 491,5}{3} = \\
 &-5296391 \text{ Nmm} && -5,296 \text{ kNm} \\
 M_5 &= \frac{488,5 \cdot 157,314}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 + 270 \right) - 87703 \cdot (491,5 + 270) + \frac{491,5 \cdot 157,314}{2} \cdot \\
 &\left(\frac{2 \cdot 491,5}{3} + 270 \right) + \frac{270^2}{2} \cdot 39,328 = -6730053 \text{ Nmm} && -6,730 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Valoroj de la momantoj okaze de sonorilforma distribuo de la balastreackio estas:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= \mathbf{0 \text{ kNm}} \\
 M_1 &= \frac{6,724 + 3,795}{2} = \mathbf{5,260 \text{ kNm}} \\
 M_2 &= \frac{7,741 + 4,612}{2} = \mathbf{6,176 \text{ kNm}} \\
 M_3 &= \frac{5,910 + 2,980}{2} = \mathbf{4,445 \text{ kNm}} \\
 M_4 &= \frac{-5,335 - 5,296}{2} = \mathbf{-5,315 \text{ kNm}} \\
 M_5 &= \frac{-6,768 - 6,730}{2} = \mathbf{-6,749 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

6,6513 Ekzameno en „bontenada stato”

Larĝo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$s = \frac{2a \cdot b}{k} = \frac{980 \cdot 300}{600} = 490 \quad [\text{mm}]$$

Rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo estas:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot s}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 3055 \cdot 10^4}{0,05 \cdot 490}} = 1006,8 \quad [\text{mm}]$$

La varianca devio rilata al mezvaloro de la mezuritaj ŝarĝoj/streĉoj estas:

$$\bar{s} = \alpha \cdot \varphi = 2 \cdot 0,3 = 0,6$$

kie:

φ : faktoro kiu dependas de rapido de la veturiloj estas:

$$\text{se } 60 \text{ km/h} \leq V \leq 200 \text{ km/h} \quad \varphi = 1 + \frac{V-60}{140} = 1 + \frac{200-60}{140} = 2$$

α : faktoro kiu dependas de stato de la trako estas:

$$\alpha = 0,3 \quad \text{se la trako estas en uzita stato (ekz. antaŭ renovigo)}$$

La forto transdonata de relpiedo al betonŝpalo estas:

$$F = \frac{k \cdot Z}{2L} (1 + t \cdot \bar{s}) = \frac{600 \cdot 112,5}{2 \cdot 1006,8} (1 + 3 \cdot 0,6) = 93,86 \quad [\text{kN}]$$

La mezurdona momanto en la subrela kversekco estas:

$$M_s = \frac{M_s^{egal} + M_s^{tri}}{2} = \frac{F}{2} \left[\frac{5}{6} \cdot \frac{a^2}{(a+b+c)} - \frac{d}{4} \right] = \frac{93860}{2} \left[\frac{5}{6} \cdot \frac{488,5^2}{(488,5+491,5+270)} - \frac{150}{4} \right] = 5706133 \text{ Nmm}$$

5,706 kNm

Kalkulo de momantoj okaze de egalmezura distribuo de la balastreackio

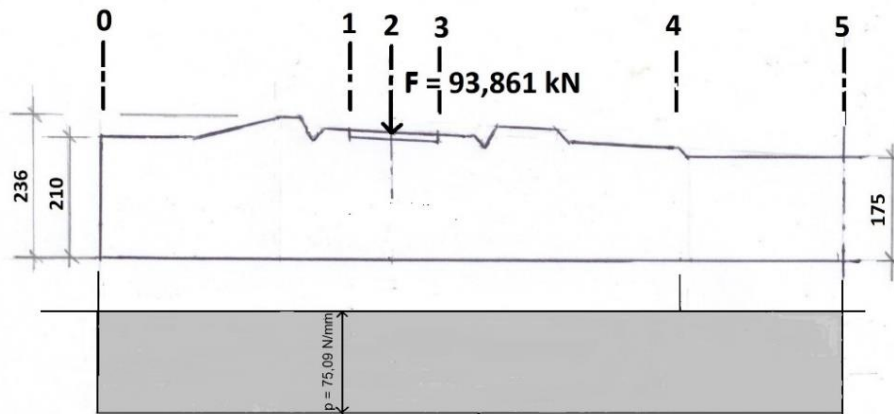


Fig. 69
Egalmezura distribuo de la balastreackio en „bontenada stato”

$$p = \frac{F}{a+b+c} = \frac{93860}{1250} = 75,088 \text{ [N/mm]}$$

$$M_0 = 0$$

$$M_1 = \frac{F}{a+b+c} \cdot \frac{(a-d)^2}{2} = \frac{93860}{1250} \cdot \frac{(488,5 - \frac{150}{2})^2}{2} = 6419358 \text{ Nmm} \quad 6,419 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{a^2}{a+b+c} - \frac{d}{4} \right) = \frac{93860}{2} \cdot \left(\frac{488,5^2}{1250} - \frac{150}{4} \right) = 7199334 \text{ Nmm} \quad 7,199 \text{ kNm}$$

$$M_3 = \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{(a+d)^2}{a+b+c} - d \right) = \frac{93860}{2} \cdot \left(\frac{(488,5 + \frac{150}{2})^2}{1250} - 150 \right) = 4881931 \text{ Nmm} \quad 4,882 \text{ kNm}$$

$$M_4 = F \cdot \left(\frac{(a+b)^2}{2 \cdot (a+b+c)} - b \right) = 93860 \cdot \left(\frac{980^2}{2500} - 491,5 \right) = -10074932 \text{ Nmm} \quad -10,075 \text{ kNm}$$

$$M_5 = F \cdot \left(\frac{(a+b+c)}{2} - (b+c) \right) = 93860 \cdot \left(\frac{1250}{2} - 761,5 \right) = -12811890 \text{ Nmm} \quad -12,812 \text{ kNm}$$

Kalkulo de momantoj okaze de triangulforma distribuo de la balastreackio

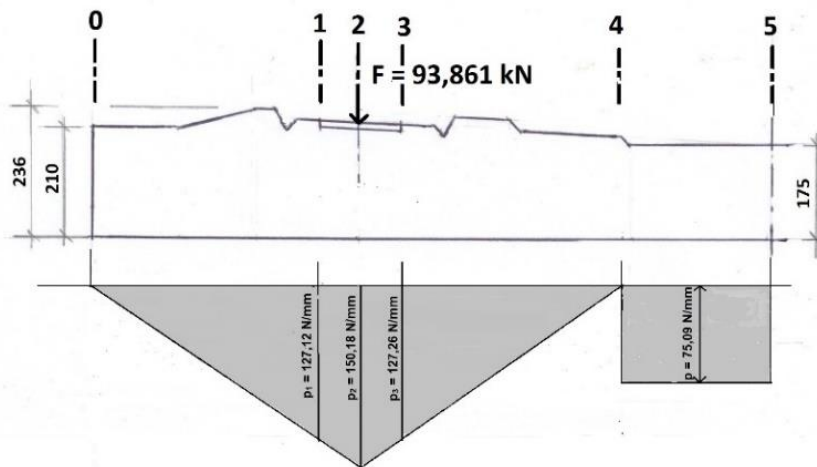


Fig. 70
Triangulforma distribuo de la balastreackio en „bontenada stato”

Valoroj de la balastrearkcio en la ekzamenataj kversekcoj estas:

$$\begin{aligned}
 p_0 &= 0 \text{ N/mm} \\
 p_1 &= 127,119 \text{ N/mm} \\
 p_2 &= p_{maks} = \frac{2F}{(a+b+c)} = \frac{2 \cdot 93860}{1250} = 150,176 \text{ N/mm} \\
 p_3 &= 127,260 \text{ N/mm} \\
 p_{41} &= 0 \text{ N/mm} \\
 p_{42} &= 75,088 \text{ N/mm} \\
 p_5 &= 75,088 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

La momantoj estas:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= 0 \\
 M_1 &= \frac{413,5^2}{3} \cdot \frac{127,119}{2} = 3622515 \text{ Nmm} && 3,622 \text{ kNm} \\
 M_2 &= \frac{488,5^2}{3} \cdot \frac{150,176}{2} - \frac{93860}{2} \cdot \frac{150}{4} = 4212931 \text{ Nmm} && 4,213 \text{ kNm} \\
 M_3 &= \frac{488,5 \cdot 150,176}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + \frac{150}{2} \right) - \frac{93860 \cdot 150}{2} + \frac{150,176 + 127,260}{2} \cdot 75 \cdot 38,53 = 2085203 \text{ Nmm} \\
 &&& 2,085 \text{ kNm} \\
 M_4 &= \frac{488,5 \cdot 150,176}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 \right) - 93860 \cdot 491,5 + \frac{150,176 \cdot 491,5}{2} \cdot \frac{2 \cdot 491,5}{3} = \\
 &= -10038139 \text{ Nmm} && -10,038 \text{ kNm} \\
 M_5 &= \frac{488,5 \cdot 150,176}{2} \cdot \left(\frac{488,5}{3} + 491,5 + 270 \right) - 93860 \cdot (491,5 + 270) + \frac{491,5 \cdot 150,176}{2} \cdot \\
 &= \left(\frac{2 \cdot 491,5}{3} + 270 \right) + 75,088 \cdot \frac{270^2}{2} = 12775097 \text{ Nmm} && -12,775 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Valoroj de la momantoj okaze de sonorilforma distribuo de la balastrearkcio estas:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= \mathbf{0 \text{ kNm}} \\
 M_1 &= \frac{6,419 + 3,622}{2} = \mathbf{5,021 \text{ kNm}} \\
 M_2 &= \frac{7,199 + 4,213}{2} = \mathbf{5,706 \text{ kNm}} \\
 M_3 &= \frac{4,882 + 2,085}{2} = \mathbf{3,484 \text{ kNm}} \\
 M_4 &= \frac{-10,075 - 10,038}{2} = \mathbf{-10,057 \text{ kNm}} \\
 M_5 &= \frac{-12,812 - 12,775}{2} = \mathbf{-12,794 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

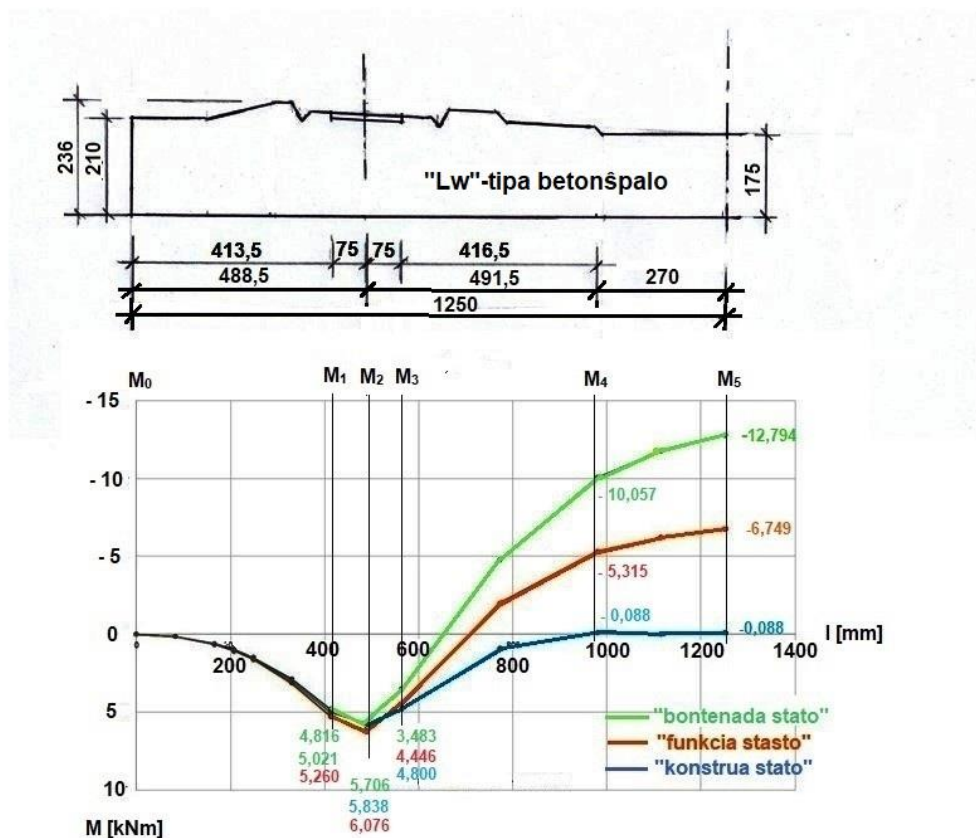


Fig. 71
La mezurdonaj momantoj laŭ kalkulmetodo de Zimmermann

6,652 Kalkulmetodo laŭ preskriboj de AREA

Mezurdonaj momantoj kalkulite baze de supozitaj karakterizaĵoj. Pozitiva momanto en la subrela kversekco estas:

$$M = B \cdot V \cdot T$$

B = 29,93 kNm - se longo de la betonŝpalo estas 2500 mm kaj la ŝpaldistanco 600 mm.

V = 1 - se la rapido V = 128 km/h

T = 0,8 - se kvanto de la transportitaj varoj estas 30 milionoj da tunoj

$$M_S^+ = 29,93 \cdot 1 \cdot 0,8 = 23,95 \quad [\text{kNm}]$$

La negativa momanto en la subrela kversekco estas:

$$M_S^- = 0,57 \cdot M_S^+ = 0,57 \cdot 23,95 = 13,65 \quad [\text{kNm}]$$

La pozitiva momanto en la meza kversekco estas:

$$M_K^+ = 0,51 \cdot M_S^+ = 0,51 \cdot 23,95 = 12,21 \quad [\text{kNm}]$$

La negativa momanto en la meza kversekco estas:

$$M_K^- = 0,74 \cdot M_S^+ = 0,74 \cdot 23,95 = 17,72 \quad [\text{kNm}]$$

6,653 Kalkulmetodo laŭ rekomendo de ORE D 171

Bazindikoj: Radaksa ŝarĝo: $Q_0 = 225$ kN
Maksimuma rapido: $V = 200$ km/h

La teoria momanto estas:

$$M_t = \frac{Q_0}{4} \cdot \lambda = \frac{225}{4} \cdot 0,148 = 8,34 \text{ [kNm]}$$

kie:

$$\lambda = \frac{d-e}{2} = 148,25 \text{ [mm]} \quad \hat{G}i \text{ estas brako de la aktivaj kaj pasivaj fortoj.}$$

(Vidu Figuron 62)

La mezurdona momanto en la subrela kversekco:

$$M_s = \psi_1 \cdot \phi \cdot \chi \cdot A \cdot M_t$$

$A = 0,5$ faktoro de distribuo de la ŝarĝo,

ϕ : la mezuron de la rapido oni konsideras per dinamika faktoro

se $V = 200$ km/h $\phi = 1,75$

se $V = 140$ km/h $\phi = 1,50$

$\chi = 1,35$

$\psi_1 = 1,6$

$$M_s = 1,6 \cdot 1,75 \cdot 1,35 \cdot 0,5 \cdot 8,34 = 15,77 \text{ [kNm]}$$

La mezurdona momanto en la meza kversekco estas:

$$M_K = \psi_2 \cdot \frac{I_K}{I_S} \cdot M_s$$

kie:

$\psi_2 = 1,2$

$I_K = 0,8426 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

$I_S = 1,920 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

$$M_K = 1,2 \cdot (0,8426/1,920) \cdot 15,77 = 8,30 \text{ [kNm]}$$

6,654 Kalkulmetodo laŭ rekomendo de UIC 713

Bazindikoj: Radaksa ŝarĝo: $Q_0 = 225$ kN
Maksimuma rapido: $V = 200$ km/h

La dinamika pluso: $\gamma_V = 0,75$

La dinamika pluso dependanta de amortizo (γ_p) supozante mezan amortizon:

$\gamma_p = 0,89$

Koeficiento, kiu konsideras la distribuon inter la betonŝpaloj:

$\gamma_d = 0,5$

Koeficiento de plusa ŝarĝo: $\gamma_r = 1,35$

La projekta valoro de ŝarĝo transdonata de la relsidplato/relpiedo estas:

$$F_d = \frac{Q_0}{2} \cdot (1 + \gamma_p \cdot \gamma_V) \cdot \gamma_d \cdot \gamma_r = \frac{225}{2} (1 + 0,89 \cdot 0,75) \cdot 0,5 \cdot 1,35 = 126,63 \text{ [kN]}$$

La pozitiva fenda momanto en subrela kversekco estas:

$$M_{sf}^+ = \gamma_i \cdot F_d \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ [kNm]}$$

$$L_p = \frac{L-t}{2} = \frac{2,5-1,5}{2} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$e = \frac{s+d}{2} = \frac{0,15+0,214}{2} = 0,182 \text{ [m]}$$

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} = \frac{0,5 - 0,182}{2} = 0,159 \text{ [m]}$$

$$M_{sf}^+ = 1,6 \cdot 126,63 \cdot \frac{0,159}{2} = +16,11 \quad [\text{kNm}]$$

La negativa fenda momanto en subrela kversekco estas:

$$M_{Kf}^- = -1,2 \cdot M_{sf}^+ \cdot \frac{I_K}{I_S}$$

$$M_{sf}^- = -0,5 \cdot M_{sf}^+ = -0,5 \cdot 16,11 = -8,05 \quad [\text{kNm}]$$

La negativa fenda momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kf}^- = -1,2 \cdot M_{sf}^+ \cdot \frac{I_K}{I_S} = -1,2 \cdot 16,11 \cdot \frac{0,8426}{1,920} = -8,48 \quad [\text{kNm}]$$

kie:

$$I_K = 0,8426 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_S = 1,920 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

La pozitiva fenda momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kf}^+ = -0,7 \cdot M_{Kf}^- = -0,7 \cdot (-8,48) = 5,94 \quad [\text{kNm}]$$

La pozitiva rompa momanto en subrela kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Sr}^+ = k_2 \cdot M_{sf}^+ = 2,5 \cdot 16,11 = 40,28 \quad [\text{kNm}]$$

La negativa rompa momanto en meza kversekco de la betonŝpalo estas:

$$M_{Kr}^- = k_2 \cdot M_{Kf}^- = 2,5 \cdot (-8,48) = -21,20 \quad [\text{kNm}]$$

6,66 Resumo

Kiel videblas el la cifera ekzemplo la diversaj mezurdonaj metodoj ne donas samajn rezultojn. Unu el la kaŭzoj de ĉi tiu fakto estas, ke la unuopaj metodoj diversmaniere difinas la nocion de la mezurdona momanto, aliflanke ankaŭ iliaj kalkulmetodoj estas malsamaj.

La metodo de *Zimmermann* kalkulas la mezurdonajn momantojn per teoriaj procedoj el ŝarĝoj, funkciantaj laŭ la plej granda probablo. En la cifera ekzemplo ni faris la kalkulojn en tri supozitaj statoj de la trako, demonstrante, kiel povas influi la stato de la trako ŝarĝojn efikantajn al la betonŝpaloj.

La ceteraj prezentitaj kalkulmetodoj difinas la momantojn rigardatajn mezurdonaj el fizikaj karakterizaĵoj per spertaj metodoj.

La usona metodo, nomita AREA uzante mezureblajn fizikajn karakterizaĵojn, (dimensiojn de la betonŝpalo, rapido, kvanto de la transportataj varoj) kalkulas la momantojn rigardatajn, laŭ si mezurdonaj, tute preteratentante la teoriajn interrilatojn.

Similan solvon prezentas la rekomendo de ORE, n-ro D 171, por kalkulo de momantoj estiĝantaj en la kversekcoj subrelaj kaj ŝpalmezaj.

Ĉe la rekomendo de UIC n-ro 713 aperas kiel ankaŭ grava vidpunkto la stato de la trako. Konsiderante tion, ĉi tiu metodo donas eblecon kalkuli la momantojn kaŭzantajn fendojn kaj rompiĝon de la betono en la subrela kaj meza kversekcoj de la betonŝpalo.

Spite al tio, ke la unuopaj kalkulmetodoj rezultigas diversajn valorojn de tiuj momantoj, kiujn ili rigardas mezurdonaj, projektistoj de la betonŝpaloj elstare solvis siajn taskojn. La spertoj montras tion, ke rompiĝo de la betonŝpaloj dum celkonvena uzo ne estas tipa.

7. Ŝtalŝpaloj

En kelkaj landoj, kie prezo de la ŝtalmaterialo ne estas tro alta, lastatempe oni denove produktas ŝpalojn el ŝtalmaterialo. Ĉi tiuj ŝpaloj povas grave diferencii de la jam menciitaj ferŝpaloj, pro tio ili estas nomitaj ŝtalŝpaloj.

Al ĉi tiu grupo apartenas inter aliaj ankaŭ ŝtalŝpalo produktita de firmao *British Steel*.



Fig. 72
Ŝtalŝpalo produktita de firmao *British Steel*.

7,1 Y- ŝpaloj

La germana firmao *Thyssen Krupp AG* produktas novan tipon de la ŝtalŝpaloj, kiu laŭ sia formo ricevis la nomon Y-ŝpalo.

La ĝeneralaj karakterizaĵoj de formo de Y-ŝpaloj estas:

- la ŝpalo konsistas el du ĉefaj kaj du malĉefaj traboj
- ene de unu relfiksaĵo la ĉefaj kaj malĉefaj traboj estas paralelaj unu al la alia
- la ĉefajn kaj malĉefajn trabojn oni formas el IB 100 S-1- tipa speciala profilo, kiu praktike estas larĝplanda I-profilo
- la ĉeftrabojn oni produktas per flekso de la IB 100 S-1 profilo
- la ĉefajn kaj malĉefajn trabojn oni kunligas sur la malsupra surfaco de la baza flangŝo per ŝtala L-profilo kaj sur la supra surfaco de la supra flangŝo per kvadrat-kversekca ŝtalstango
- per diversmezura flekso de la ĉeftraboj oni povas formi diversajn distancojn inter la ĉeftraboj ĉe la malfermita (plilarĝa) ekstremo de la ŝpalo. Tiel estas variigebla la distanco inter la relfiksaĵoj, kaj ankaŭ la larĝo de la ŝpaloj
- multspecaj strukturaj eblecoj estas atingeblaj, ekzemple ankaŭ dentostango estas veldebla sur la ĉeftrabojn

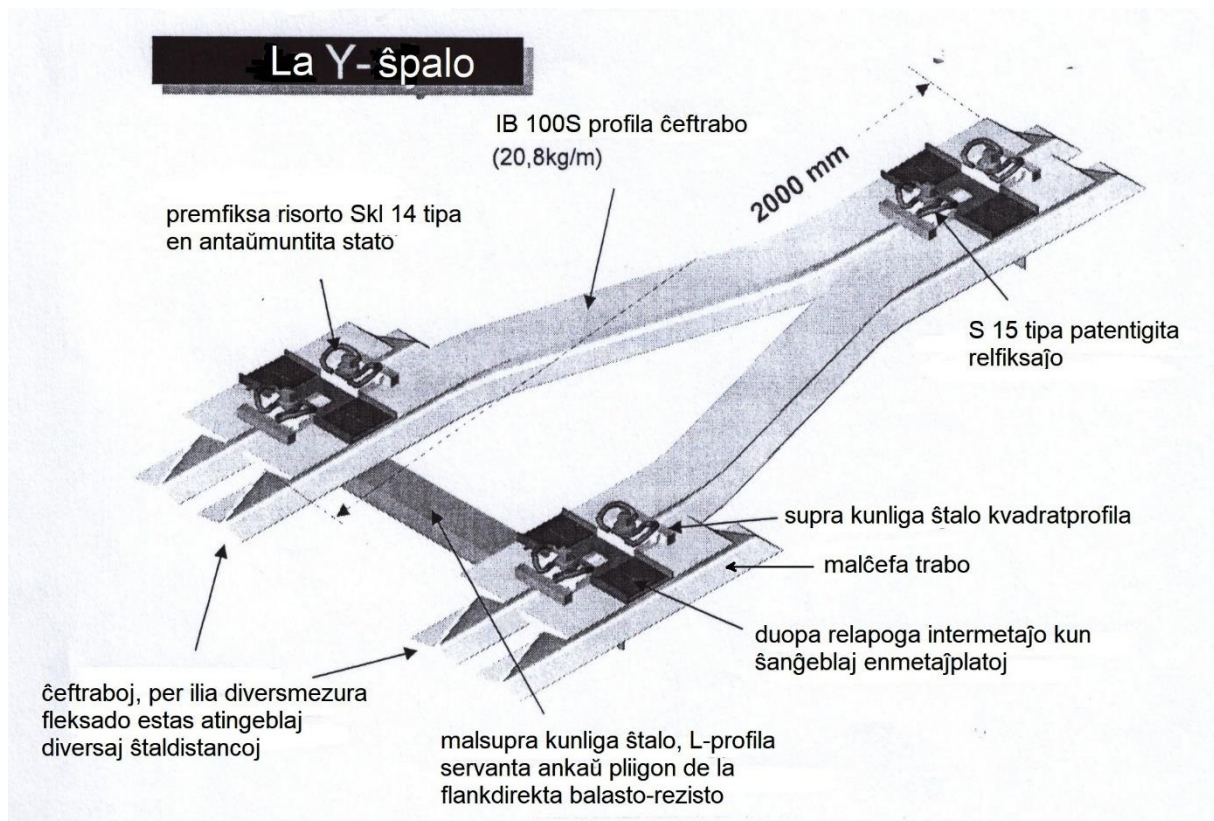


Fig. 73
Strukturo de la Y-ŝpalo

En Hungario havas konstrupermeson la Y-ŝpalo produktita de firmao *Thyssen Krupp AG* kun S15- tipa relfiksaĵo. Oni uzis ĉi tiun tipon, kiam inter la 10-13-a de novembro 2003 estis konstruita eksperimenta traketapo apud lago Balatono, proksime al haltejo *Badacsony*. Tie oni estigis senbreĉe kunvelditan trakon en etradiusa kurbo, kie $R=300$ m. En la eksperimenta traketapo estis sternitaj 300 ordinaraj kaj du transiraj Y-ŝpaloj, kun relspeco 48, en rompŝtonan balaston.

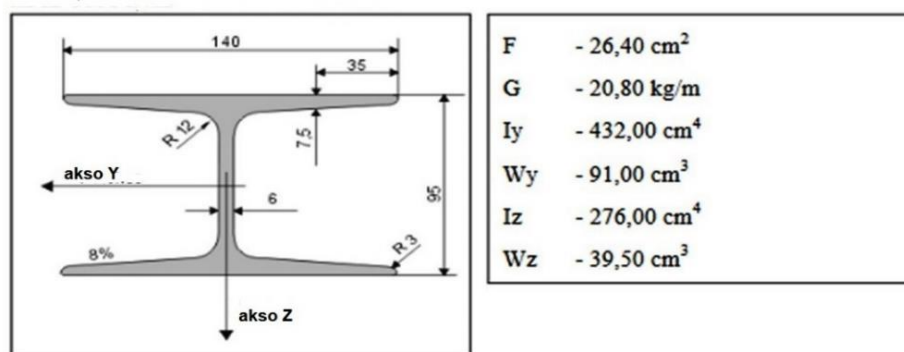


Fig. 74
Kversekco kaj statikaj karakterizaĵoj de la IB 100S- profila trabo

La Tehnikan Taŭgecan Ekzamenon de la ŝpalo kaj relfiksaĵo apartenanta al ĝi, pretigis la Katedro pri Fervojkonstruado de Budapeŝta Tehnika Universitato. Antaŭ la ekzameno kunlaborantoj de la katedro por akiri spertojn, en Germanio en diversrapidaj kaj -ŝarĝataj fervojlinioj rigardis la kapablojn de Y-ŝpaloj.

Hungaraj Ŝtatejoj reguligas kie kaj kiom da ĉapankroj estas bezonataj en la senbreĉe kunvelditaj trakoj por certigi la sekuran trafikon.

Tabelo 3

Lokado de la ĉapankroj

R [m]	Relspeco		
	MÁV 48	UIC 54	UIC 60
$400 > R \geq 300$	en interna flanko de la kurbo sub ĉiun ŝpalon	en interna flanko de la kurbo sub ĉiun ŝpalon	en interna kaj ekstera flankoj de la kurbo sub ĉiun ŝpalon
$500 > R \geq 400$		en interna flanko de la kurbo sub ĉiun duan ŝpalon	en interna flanko de la kurbo sub ĉiun ŝpalon
$600 > R \geq 500$			en interna flanko de la kurbo sub ĉiun duan ŝpalon

Por estigi senbreĉe kunvelditajn trakojn en etradiusaj kurboj estas disvastiĝinta uzata metodo gluado de la balasto. La grandrezista balasta trabo formita en ekstera flanko de la kurbo per gluado grave pliigas transversdirektan reziston de la balasto. Ĝi kapablas transpreni la konsiderindan kvanton de transversaj fortoj alvenintaj de la trako, tiel struktura stabileco de la trako ekzistas ankaŭ en somera alta temperaturo. Por la gluado oni uzas iuspecan polimerkompoziton.

Estas rimarkinde, ke gluadon de la balasto oni uzas ankaŭ por aliaj celoj. Ĝi faciligas purigadon de surfaco de la ŝotra balasto, ĉefe en stacioj aŭ haltejoj, baras elflugon de ŝotraj grajnetoj je efiko de grandrapidaj trajnoj, ŝirmas la trakbalastan ŝultron kontraŭ tretdifekto, pliigas la ŝarĝportkapablon de la trako.

Kiel la menciitaj videbligas transversdirekta rezisto de la balasto okaze de transversaj ŝpaloj estas limigita, kiu en iom da mezuro estas pliigebla per diversaj kompletigoj. Ekzemple en Hungario uzante relspecon UIC 60 en kurbaj trakoj, se la kurboradiuso estas malpli ol 600 m, oni devas apliki iuspecan kompletigon.

Plej grava avantaĝo de apliko de Y-ŝpaloj estas, ke tio ebligas la estigon de senbreĉe kunvelditaj trakoj ankaŭ en etradiusaj kurboj. La klarigon de ĉi tiu ebleco donas geometria formo de ĉi tiuj ŝpaloj.

La transversaj ŝpaloj kunligas la relfiksaĵojn troviĝantajn sub la du reloj orte en sama kversekco. Kontraŭ la transversdirektaj fortoj la ŝpaloj mobilizas malgrandan mason de la balasto.

La Y-ŝpaloj kunligas la relfiksaĵojn diagonale, la relfiksaĵoj, kunligitaj per sama ŝpalo ne estas en sama kversekco. Per ĉi tiu solvo la Y-ŝpaloj kapablas mobilizi grandan mason de la balasto kontraŭ transversdirektaj fortoj kaj en pinta kaj en kava direktoj.

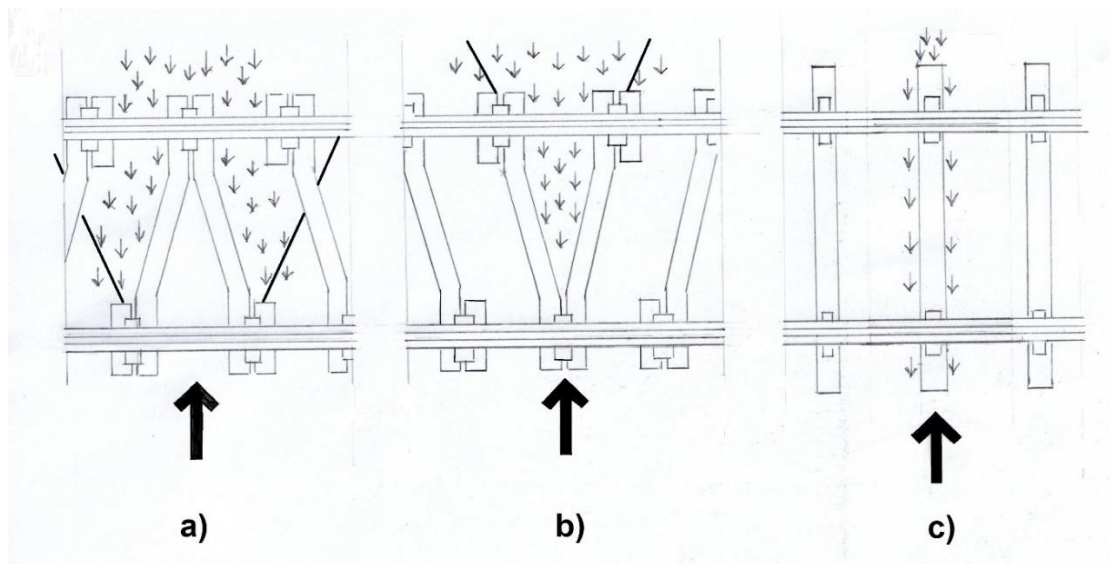


Fig. 77

Mobilizita maso de la balasto kontraŭ transversaj fortoj

a) Y-ŝpalo el pinta dierkto b) Y-ŝpalo el kava dierkto c) transversa ŝpalo

Post 11 jaroj kunlaborantoj de Katedro pri Fervojkonstruado de Budapeŝta Tehnika Universitato kontrolis la staton de la Y-ŝpala trako. Ili konstatis, ke la trako kuŝas stabile. Ili venis al la konkludo, en etradiusaj kurboj konstrui senbreĉe kunvelditajn trakojn estas permeseble nur sur bonkvalitan, grandŝarĝo-kapablan, bone senakvigitan subkonstruaĵon, en bonkvalitan puran balaston.

La senbreĉe kunvelditaj trakoj konstruitaj en etradiusan kubon bezonas pli da inspekto kaj bontenado ol tiuj, kiuj troviĝas en rektaj aŭ grandradiusaj etapoj. Tamen, la senbreĉe kunvelditaj trakoj konstruitaj en etradiusan kurbon bezonas grave malpli da bontenado ol tiuj kiuj estis konstruitaj tradicie, kun reljuntaj splintitaj.

En 2013 sur la fervojlinio *Budapest – Esztergom* oni denove konstruis senbreĉe kunvelditajn trakojn kun Y-ŝpaloj en etradiusaj kurboj, kie la kurboradiusoj estis 275 m kaj 250 m.



Fig. 78

Senbreĉe kunveldita trako en etradiusa traketapo (Foto: Liegner Nándor)

8. Plastoŝpaloj

En la klasika fervoja surkonstruaĵo kutime la transversaj ŝpaloj kaj relfiksaĵoj garantias la ŝpuron kaj stabilecon de la trako. Kiel el la menciitaj estas videble, iliaj materialoj estis ligno, betono kaj ŝtalo. Depende de la aplika tereno ĉiu materialo havas siajn avantaĝon kaj malavantaĝon.

Ĉe la fervojoj ekde plej longe aplikata ŝpaltipo estas la lignoŝpalo, kiun oni faris pli rezista per gudra impregnado. Dum la impregnado oni enigas venenajn materialojn en la lignoŝpalojn.

En sia direktivo n-ro 2011/71/EU, akceptita en jaro 2011, la Eŭropa Komisiono malpermesis la aplikadon de lignoŝpaloj impregnitaj per gudro sur fervojretoj de la membroŝtatoj depost majo 2018. (Ĉi tiun limdaton la Eŭropa Komisiono en 2018 plilongigis ĝis la 31-a de oktobro 2020.) Konsidere tion, ke aplikado de betonŝpaloj anstataŭ lignoŝpaloj ne ĉiuokaze estas avantaĝa, por tiuj okazoj UIC iniciatis esplorojn por serĉi la bezonatajn solvojn. La traktaĵo aperis kun nomo SUWOS – *SU*stainable *WO*oden railway *Sleepers* –, kiu konstatis, ke anstataŭigi la lignoŝpalojn impregnitajn per gudro povas esti konvena alternativo, aplikado de tiu materialo diferenciiĝanta de la ligno, kiu ne havas damaĝajn efikojn por la sano kaj medio, tamen havas pozitivajn ecojn karakterizantajn la lignon.

De flanko de la funkciigantoj tutmonde estas pli kaj pli grava vidpunkto la medioprotektado. Larĝskalaj esploroj komenciĝis por ŝanĝi la mediodamaĝajn materialojn kaj teĥnologiojn al medioindulgaj. La novaj solvoj devas havi almenaŭ samajn, sed prefere pli bonajn ecojn ol la malnovaj. Kvankam ili povas esti pli multekostaj tamen pro malpliigo de la funkciadkostoj povas esti avantaĝaj.

Konante la menciitan traktaĵon - SUWOS –, multaj firmaoj havantaj riĉajn spertojn sur tereno de plastoproduktado komencis okupiĝi pri evoluigo de fervojaj transversaj plastoŝpaloj.

Por produktado de la plastoŝpaloj oni uzas reutiligeblajn plastomaterialojn – plastosaketojn, plastobotelojn, pneŭmatikojn – aldonante al ili vitrofibrojn kaj ŝtalfadenojn por plibonigi kaj fortigi la strukturon de la materialo.

Inter materialoj uzataj por ŝpalproduktado estas plej nova la plasto. Ties bazmaterialo povas esti inter aliaj fibrofortiga poliolefino⁴ aŭ poliuretano fortigita per vitrofibroj.

Aplika tereno de la plastoŝpaloj estas ĉefe anstataŭigi sur ŝtalpontoj la pontotrabojn⁵, ili estas subrelaj transversaj lignotraboj. La plastoŝpalojn ofte oni uzas en tuneloj. Ili estas uzablaj ankaŭ en trakforkoj aŭ okaze de sporadaj kaj amasaj ŝpalŝanĝoj anstataŭ lignoŝpaloj.

Avantaĝoj de la plastoŝpaloj estas:

- longa funkciadaŭro (laŭ taksado 50 jaroj)
- pli granda fleksa rezisto ol tiu de la ligno
- facila prilaborebleco

⁴ Poliolefino: la alkenoj estas tiuj nesaturitaj, senringaj hidrokarbonatoj, en kies molekuloj troviĝas unu duobla ligo. Ilia malnova nomo estas olefino. Baze de tio, ke la alkenoj kiom da dublaj ligoj enhavas, oni grupigas ilin al monoolefino, duolefino, triolefino, aŭ poliolefino. La nomo de tiuj alkenoj, kiuj enhavas du aŭ pli duoblajn ligojn estas polieno, aŭ poliolefino.

⁵ La hungara faka praktiko diferencigas la transversajn lignoŝpalojn, troviĝantajn en la trako de tiuj strukturaj lignoelementoj, kiuj plenumas saman taskon sur la ŝtalpontoj. Ĉi-lastaj, subrelaj transversaj lignotraboj havas nomon pontotraboj. La kaŭzo de ĉi tiu diferencigo estas ke ĉi tiuj elementoj havas malsamajn dimensiojn kiel la ŝpaloj. La kversekaj dimensioj de la ŝpaloj ĝenerale estas 15 x 25 cm ilia longo ŝanĝiĝas inter 2,5 – 4,4 m. La kversekaj dimensioj de la pontotraboj estas 24 x 24 cm ilia longo estas 2,5 m, kaj ili estas uzataj nure sur ŝtalpontoj. Ilia nomdono spegulas ke ili estas ne nur partoj de la trako, sed ankaŭ nemankigeblaj elementoj de la ŝtalpontoj. Ĉi tiu diferencigo troviĝas ankaŭ en ĉi tiu verko.

- dimensio- kaj formoteno
- tre malgranda akvoalpreno
- favora elektra izola eco
- ne bezonas eksteran tegaĵon aŭ impregnadon
- rezistokapablo kontraŭ oleo, graso kaj efikoj de la vetero
- je mm-a produkta precizeco
- rapida kaj preciza konstruebleco
- plurfoja uzebleco
- ĝi ne estas brulema
- ĝi ebligas firman ŝraŭbfiksadon
- ĝiaj bortruoj estas ripareblaj



Fig. 79

FFU tipa plastoŝpalo (Foto: Horváth Ferenc)

En la mondo pluraj firmaoj okupiĝas pri evoluigo por estigi plastoŝpalojn. Unu el ili estas la *Sekisui Chemical Co Ltd (Tokio)* kiu uzis fibrofortigan ŝaŭmigan uretanon. Materialo de la evoluigita ŝpalo estis poliuretan-baza plasto kun fermita ĉela strukturo, fortigita en longa direkto per vitrofibroj.

La evoluigo komenciĝis en 1978, per kunlaboro de germana firmao *Bayer* kaj la Japanaj Fervojoj. En la japanaj grandrapidaj fervojlinioj troviĝas pli ol 1,3 milionoj tiuspecaj plastoŝpaloj, kio egalas kun 870 km da traklongo. La tiposigno de ĉi tiu ŝpalo estas FFU. La unua uzo en Eŭropo okazis en 2004, kiam en Vieno sur la ŝtalponton *Wiener Linien*, ili estis enkonstruitaj. La aŭstra fervojo *ÖBB* komencis uzi la plastoŝpalojn ekde 2005.

Alia tipo de plastoŝpaloj, kiuj estas uzataj ankaŭ en Hungario, estas nomitaj *STRAILway*. La produktanto de ĉi tiu tipo estas germana firmao *Kriburg STRAIL GmbH & Co KG*. Dum la produktado ŝraŭbpremilo premas fibrofortigan poliolefinon tra ortangula ilo. Dank' al tio la ŝpaloj estas produktemblaj en laŭplaĉa longo, (praktike tio okazas ĝis 7,0 m) ili estas tranĉeblaj laŭmezure.

Oni povas retransporti al la produktanto la eluzitajn plastoŝpalojn, kaj spitojn, defalaĵojn devenantajn el prilaboroj por reutiligi la materialon.

La evoluigo komenciĝis en 1978, per kunlaboro de germana firmao *Bayer* kaj la Japanaj Fervojoj. En la japanaj grandrapidaj fervojlinioj troviĝas pli ol 1,3 milionoj tiuspecaj plastoŝpaloj, kio egalas kun 870 km da traklongo. La tiposigno de ĉi tiu ŝpalo estas FFU. La unua uzo en Eŭropo okazis en 2004, kiam en Vieno sur la ŝtalponton *Wiener Linien*, ili estis enkonstruitaj. La aŭstra fervojo *ÖBB* komencis uzi la plastoŝpalojn ekde 2005.

Alia tipo de plastoŝpaloj, kiuj estas uzataj ankaŭ en Hungario, estas nomitaj *STRAILway*. La produktanto de ĉi tiu tipo estas germana firmao *Kriburg STRAIL GmbH & Co KG*. Dum la produktado ŝraŭbpremilo premas fibrofortigan poliolefinon tra ortangula ilo. Dank' al tio la ŝpaloj estas produktemblaj en laŭplaĉa longo, (praktike tio okazas ĝis 7,0 m) ili estas tranĉeblaj laŭmezure.

Oni povas retransporti al la produktanto la eluzitajn plastoŝpalojn, kaj spitojn, defalaĵojn devenantajn el prilaboroj por reutiligi la materialon.



Fig. 82

La renovigita ŝtalponto kun plastotraboj
(Foto: Sínek Világa 2021/6)



Fig. 81

Fiksado de la plastotraboj al la ponto
(Foto: Sínek Világa 2021/6)

Diversaj institutoj ekzamenis la plastoŝpalojn kaj estis konstruitaj ankaŭ provtrakoj. Laŭ la mezuritaj rezultoj kaj spertoj en Germanio estas permesite uzi la plastoŝpalojn ĝis rapido de 160 km/h, kaj ĝis radaksa ŝarĝo de 250 kN.

La plastoŝpaloj estas konvenaj por konstrui fervojojn, urbajn fervojojn aŭ industritrakojn. Ili



Fig. 80
Muntado de plastotraboj sur la ŝtalponto
(Foto: Sínek Világa 2021/6)

estas uzeblaj kiel ŝpaloj de trakforkoj, kaj subrelaj transversaj traboj sur ŝtalpontoj. Laŭ ĝisnunaj spertoj sur la menciitaj du lastaj terenoj estis sukcesa la uzo de plastoŝpaloj respektive plastotraboj. La menciitaj plastelementoj estas produkteblaj kaj laŭ kversekco de ŝpaloj kaj laŭ tiu de plastotraboj por ŝtalpontoj.

Sur tereno de la aplikado diferencas la celoj de la japanaj, usonaj kaj eŭropaj produktantoj. La antaŭaj faras ĉefe la evoluigon kaj produktadon de la plastoŝpaloj por apliko en lineajn traketaĵojn. La eŭropaj produktantoj preferas la lokajn aplikadojn en komplikaj trakforkaj kunligoj, sur pontoj kaj en tuneloj. Sur ŝtalpontoj la plastotraboj havas avantaĝojn kontraŭ la lignotraboj. En kelkaj landoj sur tiuj ŝtalpontoj, kiuj

troviĝas super akvofluoj, riveroj, estas malpermesite uzi impregnitajn lignotrabojn. La funkcidaŭro de senimpregnita lignomaterialo estas tre mallonga.

En Hungario unuafoje en jaro 2020 oni konstruis plastotrabojn sur ŝtalponton de la ĉefkanalo *Hanság* en fervojlinio *Rajka – Porpác* funkciiganta de GySEV (*Győr-Sopron-Ebenfurt* Fervoja Akcia Societo).

STRAILway plastoŝpaloj estis konstruitaj en Hungario unuafoje en junio de 2016, en traknivelan trapasejon en urbo *Hódmezővásárhely*. La longojn de la ŝpaloj, dank' al la produkta teĥnologio, oni pretigis kun mm-a precizeco laŭ deziro de la mendanto. Dum la pasinta tempo la plastoŝpaloj bonege portis kaj la ŝosean kaj la fervojan ŝarĝojn.



Fig. 83
Plastoŝpaloj en traknivela trapasejo en *Hódmezővásárhely*
(Foto: Sínek Világa 2021/6)



Fig. 84
Plastoŝpaloj en tramtrako en Budapeŝto
(Foto: Sínek Világa 2021/6)

BKV (Budapeŝta Trafika Entrepreno) en jaro 2018 pli ol 300 pecojn da *STRAILway* plastoŝpalojn konstruis en tramtrakon en iun denstrafikan vojkruciĝon. En la betonita surkonstruaĵo la ŝpaloj portas duopan ŝarĝon, trairas ilin la tramoj kaj ankaŭ la ŝoseaj veturiloj.

En trakforkoj en Hungario unuafoje oni uzis plastoŝpalojn en jaro 2021 en fervojreto de loĝistika terminalo de stacio *Fényeslitke*. Ĉi tie en du kruciĝoj de trakoj troviĝas plastoŝpaloj, kie normalŝpuraj kaj larĝŝpuraj trakoj krucas unu la alian.



Fig. 85
Plastoŝpaloj en trakforko en stacio *Fényeslitke*
(Foto: Sínek Világa 2021/6)

La aplikado de plastoŝpaloj momente estas en stadio de la elprovo. Laŭ bazo de spertoj oni povas decidi pri tereno de ilia aplikado. Tio jam ankaŭ nun vidiĝas, ke ili unuavice estas uzablaj anstataŭ lignoŝpaloj, en tiuj specialaj terenoj, kie ilia anstataŭigo per betonŝpaloj ne eblas.

9. Fontoverkoj

- Betonaljok_01: Vasúti betonaljok. Köllő Szabolcs Attila, Dr. Köllő Gábor Kolozsvári Műszaki Egyetem Műszaki Szemle 64.
- D. 12. Vasúti felépítmény Műszaki Útmutató 1435 mm. nyomtávolságú pályákra. Közlekedési Dokumentációs Vállalt 1957
- Vasútépítés és pályafenntartás I. kötet. 1999. Kiadó: MÁV Rt Vezérigazgatóság.
- Dr. Kazinczy László: Közlekedési létesítmények pályaszerkezetei. Jegyzet. BME Út és Vasútépítési Tanszék. HEFOP/2004/3.3.1/0001.01
- UIC Railway Dictionary Fervoja Terminaro Esperanto-Magyar, Magyar-Esperanto (IFEF Terminara Komisiono Budapest 1997)
- Jan Werner kaj kolektivo: Terminaro de betono kaj de betonistaj laboroj. Brno 2002
- Török J (2014) A recézés növeli a betonalj... Innorail magazin 2014/1 innorail.hu/a-recezes-noveli
- Horváth F (2015a) Közlekedésépítés III. SzIE ppt előadások 2015
- Horváth Ferenc: Magyarországi vasúti betonalj típusok és a betongyártás története (1990) Vasúthistória c. évkönyv
- DR. FISCHER SZABOLCS – ELLER BALÁZS – KADA ZOLTÁN – NÉMETH ATTILA: Vasútépítés Győr 2015 Universitas - Győr Nonprofit Kft ISBN 978-615-5298-68-4 (PDF)
- Dr. Kazinczy László: A vasúti felépítmény szerkezeti elemeinek fejlődési irányjai. (Vetített képes előadás) Budapest 2004. április 14-16
- Szabó József Dr. Kazinczy László: Aljjavítási lehetőségek ismertetése, különös tekintettel a hézag nélküli pályák stabilitásának fenntartására. (Műszaki Szemle 2005/32 Kiadó: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság)
- Szabó József Lökös László: Új módszer a betonaljok felújítására. A Vortok spirál alkalmazása nyomtáv és leszorító erő javítására (Sínek Világa 1990/3)
- Proceedings of the Instituton of MechanicalEngineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit.
- Dr. Liegner Nándor: Pályamérések végrehajtása az Y-acélaljakkal épített vágányszakaszon Badacsony megállóhelynél (Sínek Világa 2015/6)
- D12/F VASÚTI FELÉPÍTMÉNY UTASÍTÁS 1435 MM NYOMTÁVOLSÁGÚ PÁLYÁKRA A VASÚTI FELÉPÍTMÉNY SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA A HAGYOMÁNYOS (ILLESZTÉSES) VÁGÁNY FEKTETÉSE, CSERÉLÉSE ÉS KARBANTARTÁSA BUDAPEST 2017 (Tervezet)
- Karvalics László Nima Tahvildari: STRAILway műanyag aljak bemutatása (Sínek Világa 2021/6)
- Beluzsár János: LW-60, a nagysebességű pályák betonaljai (Vasbetonépítés 1999/4)
- Dr. Major Zoltán: Előfeszített vasbetonaljok tervezése – igénybevételek számítása. (Szakmai továbbképzés 2018. MMK. HU)
- Daczi László: A széles betonaljvas vágány (Sínek Világa 2000/4)
- Kiss Mónika: Műanyagaljok megjelenése a vasútüzemben (Az Aszfalt XXVI. évfolyam 2018/2 szám)
- Műszaki alkalmassági vizsgálat a Thyssenkrupp GFT és a Peiner Träger GMBH által gyártott, a Thyssenkrupp GFT által forgalmazott, zúzottkő ágyazatú vasúti folyóvágányokba építhető, S 15 sínleerősítéssel kialakított Y-acélaljakról. (BME Építőmérnöki Kar Út- és Vasútépítési Tanszék Budapest 2003)

10. Fakesprimoj

10,1 Magyar – Eszperantó

acélalj	ŝtalŝpalo
acélbetét, vasalás	armaturo
acélhuzal	ŝtalvergo
acélhuzal kisátmérőjű	ŝtalfadeno
acélpászma	ŝtalfadenaro
ágyazási együttható	koeficiento de subgrunda reakcio
ágyazat ellenállás	balastrezisto
ágyazat fiktív rugalmas	balasto fiktiva elasta
ágyazat vastagság	balastalto
ágyazatcsere	ŝanĝo de la balasto
ágyazati anyag	balastmaterialo
ágyazatnyomás	balastopremo
ágyazatszél	balastrando
ágyazatszél felpúpózása	altigo de la balastrando
akácfa	robiniligno
aktív nyomás	aktiva premo
alapadat	bazindiko
alátétlemez	reĥsidplato klina
aléptménykorona	supra surfaco de la subkonsruaĵo
alj	ŝpalo
alj alsó síkja, felülete	ŝpalofaco malsupra
alj felfekvése az ágyazatban	ŝpalsidejo
alj felső síkja, felülete	ŝpalofaco supra
alj felújítás	ŝpalrenovigo
alj fogó	ŝpalotenajlo
alj vége, talpfafej	ŝpalekstremaĵo
aljat aláver	subŝtopi ŝpalon
aljcsere	ŝpalŝanĝado
aljcsere (forgalom alatt)	ŝpalŝanĝado dumekspluatada
aljcserélő gép	ŝpalanstataŭiga maŝino
aljfektetés	ŝpalosternado
aljfektető berendezés	ŝpalosternilo
aljtávolság	ŝpaldistanco
aljteltetés	ŝpalimpregnado
aljvég	ŝpalekstremaĵo
alkalmasság	taŭgeco
alsó űv (tartóknál)	flanĝo baza (ĉe traboj)
anyagjellemző	materialkarakterizaĵo
átlagos aljtávolság, aljkiosztás	ŝpaldistanco meza
barnaszén kátrányolaj	brunkarba gudroleo

beágyazás	balastado
benyomódás	enpenetrado
beton alátét	betona stako-soklo
betonalj	betonŝpalo armita
bevágás	tranĉeo
biztonsági sapka	ĉapankro
bükkfa	fagligno
cinkklorid (ZnCl ₂)	zinka duklorido
csap (kötéshez)	tenono
csavabiztosító gyűrű kettős	elasta ringo duobla
deformáció	deformiĝo
dinamikus tényező	dinamika koeficiento
dönt (fát)	terenfaligi
egyblokkos alj	ŝpalo unubloka
egyenletes	homogena
ék	kejlo
elegysúly	trajnpezo
éles él	rando akra
élettartam	funkcidaŭro
eljárás	procedo
elméleti igénybevétel (teher)	teoria ŝarĝo
elmozdulás	delokiĝo
elozslás	distribuiĝo
elosztás	distribuo
előfeszített acélbetét	antaŭhardiĝa prestreĉita armaturo
előfeszített beton	prestreĉita betono
előregyárt	prefabriki
elválasztó acéllemez	ŝtalplato apartiga
epoxigyanta	epoksirezino
erdei fenyőfa	arbara pinligno
erjedés	fermentado
érlelő kád	maturiga kuvo
érlelő kamra	maturiga kamero
erőjáték	fortofunkciado
erőkar	fortobrako
faalj	lignoŝpalo
fabél	medolo
fabetét	ligna enmetaĵo
fabetét csonkagúla alakú	ligna enmetaĵo, kun (havanta) formo(n) (de) stumpa piramido
fabetét hullámosított	ondumita ligna enmetaĵo
facsap	lignotenono
fagyállóság	frostrezisteco
fajlagos terhelés	specifa ŝarĝo
fekete fenyő	nigra pinligno
felső ív (tartóknál)	flangô supra (ĉe traboj)

fenntartás	bontenado
fenol	fenolo
fenyőfa	pinglologio
feszített betonalj	betonŝpalo prestreĉita
feszítő betét	streĉa armatura ŝtalo
feszültség állapot	streĉostato
feszültség képlet	streĉoformulo
formaldehid	formaldehido
földmunka, földmű	terlaboraĵo
furat	bortruo
fűrésztelep	lignosegejo
gesztenyefa	kaŝtanligno
görcs	nodo
görcsös	nodhava
görgősor	ruluma vojo
gumibevonatú keresztalj	ŝpalo ĉirkaŭgumizita
gyakoróság	ofteco
halmaz (matematikai)	aro
harangalakú	sonorilforma
határterhelés	ŝarĝlimo
hatás	efiko
hatásábra	efikdiagramo
helyettesítő hosszalj	anstataŭanta laŭlonga ŝpalo
helyettesítő hosszalj merevségi hossza	rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo
hengeres	cilindra, cilindroforma
hídfa, hídgerenda	pontotrabo
higanyklorid (HgCl ₂)	hidrarga duklorido
homogén féltér	homogena duonkampo
homokos kavics	gruzo
horony	foldo (foldo kaj lango)
hosszalj, hosszanti talpgerenda	ŝpalo laŭlonga
hosszirányú stabilitás	laŭlonga stabileco
hőérlelés	varmomaturigo
hulladék	defalaĵo
huzalköteg	ŝtalfadena fasko
igénybevétel (teher)	ŝarĝo
igénybevétel, feszültség	streĉo
igénybevételi ábra	streĉodiagramo
ikeralj	ĝemeligita ŝpalo
illesztési alj	ŝpalo reljunta
inercia nyomaték	inercio-momanto
kapcsolás, talpfa vājolás, lesarkítás	ŝpalnoĉado
kapcsolat	kunligo
kátrány	gudro
keményfa	ligno malmola

kényszer pálya	trudvojo
kéreg	ŝelo
keresztalj	ŝpalo transversa
keresztalj helye az ágyazatban	ŝpalejo
keresztaljak máglyázása	ŝpalostakigo
keresztaljas vágány	transversŝpala trako
keretmerevség	framorigideco
kétblokkos alj	ŝpalo dubloka
kiágyaz	senbalastigi
kihúzó vályú	kanalo eltira
kiindulási adat	deirindiko
kissugarú ív	etradiusa kurbo
kitérő alj	ŝpalo trakforka
kizsaluz	elŝelaĵi
konyhasó (NaCl)	kuirŝalo (natria klorido)
kőbtartalom	volumeno
kőszén kátrányolaj	terkarba gudroleo
közbetét	intermetaĵo
közelítő	proksimiga
kőzet	petro
lággyvas betét	armaturo molfera
lággyvas betét	molfera enmetaĵo
láncpálya	ĉena vojo
laza alj (vágányban)	ŝpalo loziĝinta
légnyomás	aerpremo
légritkítás	vakuigo
légszáraz	aerseka
lúcfenyőfa	piceligno
matematikai statisztika	matematika statistiko
megfelelőség, használhatóság	uzebleco
meghúz (csavart)	streĉi ŝraŭbon
meglazít (csavart)	lozigi ŝraŭbon
megmunkálás	prilaborado
megoszló terhelés	distribuita ŝarĝo
menetes	helichava
mentes (vmitől)	libera de (io)
méretezés	mezurdona kalkulado, dimensiumado
méretezés	mezurkalkulado
merevség	rigideco
mértékadó	mezurdona
mértékadó erő	krita forto
mértékadó igénybevétel (teher)	krita ŝarĝo
mértékegység	mezurunuo
minőség	kvalito
műanyag alj	plastoŝpalo
műanyag betét kétrészes	plasta enmetaĵo duparta

műanyag betét menetes	helichava plasta enmetaĵo
műgyanta	rezino sinteza
nagysugarú ív	grandradiusa kurbo
nedvkeringés	sukcirkulado
negyedrendű differenciálegyenlet	kvaragrada diferenciala ekvacio
négyszög keresztmetszetű	kvarangul-kversekca
normál eloszlás	normala distribuo
normálerő ábra	ortoforta diagramo
nyíró szilárdság	firmeco tonda
nyíróerő ábra	tondoforta diagramo
nyomás eloszlás	premdistribuo
nyomaték	momanto
nyomatéki ábra	momanta diagramo
nyomtáv szabályozás	reguligo trakŝpura
nyomtávolság	ŝpuro
oldalirányú stabilitás	transversa stabileco
oldószer	solvilo
olvasmányos	sinlegiga
palástnyomás	cilindrosurfaca premo
pályafelügyelet	relvojinspektado
pántolás	ferbendigo
passzív nyomás	pasiva premo
pofa (befogó)	makzelo
puhafa	mola ligno
ragasztott talpfa	lignoŝpalo gluita
repedés	fendeto
repezető nyomaték	fenda momanto
réteghatár	tavollimo
részű	deklivo, talusflanko
rézszulfát (CuSO ₄)	kupra sulfato
romlási folyamat	procezo difektiĝa
rothadás	putrado
rönkfa	lignotrunko
rugalmassági modulus	elastecmodulo
rúgós lezorító, rugalmas sínszeg	ŝpalkrampo elasta
sínalátámasztás	rebsubapogo
sínscavart behajt	ŝpalŝraŭboj [fiksi per]
síndőlés	kliniĝo de relo
sínhőmérséklet	reltemperaturo
sínleerősítés elválasztott	relfiksaĵo apartigita
sínleerősítés közvetlen	relfiksaĵo senpera
sínleerősítő csavarkulcs, tirefondkulcs	ŝpalŝraŭb-ŝlosilo
sínszorító lemez	relklipsingo
süppedés	enpremiĝo, sinkado
szabványos, szabvány szerinti	laŭnorma
számpélda	cifera ekzemplpo

szélestalpú idomacél	largplanda štala profitrabo
szemcse	grajno
szemcseméret	grajnmezuró
szerszám	laborilo
szilárd	firma
szilárdság	rezisteco
szilárdul	firmiĝi
szilfa	ulmoligno
szórás	variancia devio
szórás tartomány	aro de varianca devio
szórványos aljcsere	ŝpalŝanĝado sporada
talajjavító réteg	subtavolo
talfatelítő telep	ŝpalimpregnejo
talpfa	lignoŝpalo
talpfa kapcsoló gép	ŝpalnoĉadmaŝino
talpfa kopogtató bot (szondázó eszköz)	ŝpalfrapilo
talpfa máglya	ŝpalstako
talpfa pánt	ladbendo de lignoŝplao
talpfa újrafúrása	ŝpaloreborado
talpfa vájolata, sín felfekvés helye	ŝpalnoĉo
talpfacsavar, sínacsavar	ŝpalŝraŭbo
talpfafúró gép	ŝpalbormaŝino
talpfát pántol	ladbendi lignoŝpalon
talpfatelítés kátránnyal	ŝpalimpregnado (per gudro, kreozoto)
talpnyomás	bazpremo
tartomány	aro
tehebírás	ŝarĝportkapablo
teherátadó felület	ŝarĝotransdona surfaco
teherelosztás	dispartigo de ŝarĝo
telítés	impregnado
telítőhenger	impregnadcilindro
tényező	faktoro
tompa él	malakra rando
többrétegű	multtavola
tölgyfa, cserfa	kverkoligno
töltés	taluso
tömeges aljcsere	ŝpalŝanĝado amasa
tömött rostú	densfibra
törő nyomaték	rompa momanto
túlnyúlás	transetendiĝo
újrahasznosít	reutiligi
utófeszített acélbetét	posthardiĝa prestreĉita armaturo
utófeszített beton	post hardiĝo streĉita betono
vágány szabályozás	trakĝustigo
valószínűség	probablo
valószínűség eloszlás	probablodensio

valószínűségi számítás	probablokalkulado
változó	variablo
vasalj	ferŝpalo
vasbetonalj	armita betonŝpalo
vetemedik	ŝvelkurbiĝi
vízben oldható	solvebla en akvo
vízvezetés	akvodefluigo
vízvezető képesség	akvodefluiga kapableco
vízfelvétel	akvosorbado
vörös fenyőfa	larikligno
Y-alakú acélalj	ŝtalŝpalo ipsilonforma
zúzottkő	ŝotro
zsaluzat	ŝelaĵo

10,1 Esperanto - Hungara

aerpremo	légnnyomás
aerseka	légszáraz
aktiva premo	aktív nyomás
akvodefluiga kapableco	vízvezető képesség
akvodefluigo	vízvezetés
akvosorbado	vízfelvétel
altigo de la balastrando	ágyazatszél felpúpózása
anstataŭanta laŭlonga ŝpalo	helyettesítő hosszalj
antaŭhardiĝa prestreĉita armaturo	előfeszített acélbetét
arbara pinligno	erdei fenyőfa
armaturo	acélbetét, vasalás
armaturo molfera	lággyvas betét
armita betonŝpalo	vasbetonalj
aro	halmaz (matematikai)
aro	tartomány
aro de varianca devio	szórás tartomány
balastado	beágyazás
balastalto	ágyazat vastagság
balastmaterialo	ágyazati anyag
balasto fiktiva elasta	ágyazat fiktív rugalmas
balastopremo	ágyazatnyomás
balastrando	ágyazatszél
balastrezisto	ágyazat ellenállás
bazindiko	alapadat
bazpremo	talpnyomás
betona stako-soklo	beton alátét
betonŝpalo armita	betonalj
betonŝpalo prestreĉita	feszített betonalj
bontenado	fenntartás
bortruo	furat
brunkarba gudroleo	barnaszén kátrányolaj

ĉapankro	biztonsági sapka
ĉena vojo	láncpálya
cifera ekzemplpo	számpélda
cilindra, cilindroforma	hengeres
cilindrosurfaca premo	palástnyomás
defalaĵo	hulladék
deformiĝo	deformáció
deirindiko	kiindulási adat
deklivo, talusflanko	részű
delokiĝo	elmozdulás
densfibra	tömött rostú
dinamika koeficiento	dinamikus tényező
dispartigo de ŝarĝo	teherelosztás
distribuiĝo	eloszlás
distribuita ŝarĝo	megoszló terhelés
distribuo	elosztás
efikdiagramo	hatásábra
efiko	hatás
elasta ringo duobla	csavabiztosító gyűrű kettős
elastecmodulo	rugalmassági modulus
eĵŝelaĵi	kizsaluz
eltira kanalo	kihúzó vályú
enpenetrado	benyomódás
enpremiĝo, sinkado	süppedés
epoksirezino	epoxigyanta
etradiusa kurbo	kissugarú ív
fagligno	bükkfa
faktoro	tényező
fenda momanto	repezstő nyomaték
fendeto	repedés
fenolo	fenol
ferbendigo	pántolás
fermentado	erjedés
ferŝpalo	vasalj
firma	szilárd
firmeco tonda	nyíró szilárdság
firmiĝi	szilárdul
flanĝo baza (ĉe traboj)	alsó ív (tartóknál)
flanĝo supra (ĉe traboj)	felső ív (tartóknál)
foldo (foldo kaj lango)	horony
formaldehido	formaldehid
fortobrako	erőkar
fortofunkciado	erőjáték
framorigideco	keretmerevség
frostrezisteco	fagyállóság
funkcidaŭro	élettartam

ĝemeligita ŝpalo	ikeralj
grajnmezuró	szemcseméret
grajno	szemcse
grandradiusa kurbo	nagysugarú ív
gruzo	homokos kavics
gudro	kátrány
helichava	menetes
helichava plasta enmetaĵo	műanyag betét menetes
hidrarga duklorido	higanyklorid (HgCl_2)
homogena	egyenletes
homogena duonkampo	homogén féltér
impregnadcilindro	telítőhenger
impregnado	telítés
inercio-momanto	inercia nyomaték
intermetaĵo	közbetét
kaŝtanligno	gesztenyefa
keĵlo	ék
kliniĝo de relo	síndőlés
koeficiento de subgrunda reakcio	ágyazási együttható
krita forto	mértékadó erő
krita ŝarĝo	mértékadó igénybevétel (teher)
kuirŝalo (natria klorido)	konyhasó (NaCl)
kunligo	kapcsolat
kupra sulfato	rézszulfát (CuSO_4)
kvalito	minőség
kvaragrada diferenciala ekvacio	negyedrendű differenciálegyenlet
kvarangul-kversekca	négyszög keresztmetszetű
kverkoligno	tölgyfa, cserfa
laborilo	szerszám
ladbendi lignoŝpalon	talpfát pántol
ladbendo de lignoŝplao	talpfa pánt
larĝplanda ŝtala profitrabo	szélestalpú idomacél
larikligno	vörös fenyőfa
laŭlonga stabileco	hosszirányú stabilitás
laŭnorma	szabványos, szabvány szerinti
libera de (io)	mentes (vmitől)
ligna enmetaĵo	fabetét
ligna enmetaĵo, kun (havanta) formo(n) (de) stumpa piramido	fabetét csomakagúla alakú
ligno malmola	keményfa
lignosegejo	fűrésztelep
lignoŝpalo	falj
lignoŝpalo	talpfa
lignoŝpalo gluita	ragasztott talpfa
lignotenono	facsap
lignotrunko	rönkfa

lozigi ŝraŭbon	meglazít (csavart)
makzelo	pofa (befogó)
malakra rando	tompa él
matematika statistiko	matematikai statisztika
materialkarakterizaĵo	anyagjellemző
maturiga kamero	érelő kamra
maturiga kuvo	érelő kád
medolo	fabél
mezurdona	mértékadó
mezurdona kalkulado, dimensiumado	méretezés
mezurkalkulado	méretezés
mezurunuo	mértékegység
mola ligno	puhafa
molfera enmetaĵo	lággyvas betét
momanta diagramo	nyomatéki ábra
momanto	nyomaték
multtavola	többrétegű
nigra pinligno	fekete fenyő
nodhava	görcsös
nodo	görcs
normala distribuo	normál eloszlás
ofteco	gyakoriság
ondumita ligna enmetaĵo	fabetét hullámosított
ortoforta diagramo	normálerő ábra
pasiva premo	psszív nyomás
petro	kőzet
piceligno	lúcfenyőfa
pingloligno	fenyőfa
plasta enmetaĵo duparta	műanyag betét kétrészes
plastoŝpalo	műanyag alj
pontotrabo	hídfa, hídgerenda
post hardiĝo streĉita betono	utófesztett beton
posthardiĝa prestreĉita armaturo	utófesztett acélbetét
prefabriki	előregyárt
premdistribuo	nyomás eloszlás
prestreĉita betono	előfesztett beton
prilaborado	megmunkálás
probablo	valószínűség
probablodenso	valószínűség eloszlás
probablokalkulado	valószínűségszámítás
procedo	eljárás
procezo difektiĝa	romlási folyamat
proksimiga	közelítő
putrado	rothadás
rando akra	éles él
reguligo trakŝpura	nyomtáv szabályozás

relfiksaĵo apartigita	sínleerősítés elválasztott
relfiksaĵo senpera	sínleerősítés közvetlen
relklipsingo	sínszorító lemez
relsidplato klina	alátétlemez
relsubapogo	sínalátámasztás
reltemperaturo	sínhőmérséklet
relvojinspektado	pályafelügyelet
reutiligi	újrahasznosít
rezino sinteza	műgyanta
rezisteco	szilárdság
rigideca longo de la anstataŭanta laŭlonga ŝpalo	helyettesítő hosszalj merevségi hossza
rigideco	merevség
robiniligno	akácfa
rompa momanto	törő nyomaték
ruluma vojo	görgősor
ŝanĝo de la balasto	ágyazatcsere
ŝarĝlimo	határterhelés
ŝarĝo	igénybevétel (teher)
ŝarĝotransdona surfaco	teherátadó felület
ŝarĝportkapablo	tehebírás
ŝelaĵo	zsaluzat
ŝelo	kéreg
senbalastigi	kiágyaz
sinlegiga	olvasmányos
solvebla en akvo	vízben oldható
solvilo	oldószer
sonorilforma	harangalakú
ŝotro	zúzottkő
ŝpalanstataŭiga maŝino	aljcserélő gép
ŝpalbormaŝino	talpfafúró gép
ŝpaldistanco	aljtávolság
ŝpaldistanco meza	átlagos aljtávolság, aljkiosztás
ŝpalejo	keresztalj helye az ágyazatban
ŝpalekstremaĵo	alj vége, talpfafej
ŝpalekstremaĵo	aljvég
ŝpalfrapilo	talpfa kopogtató bot (szondázó eszköz)
ŝpalimpregnado	aljtelítés
ŝpalimpregnado (per gudro, kreozoto)	talpfatelítés kátránnyal
ŝpalimpregnejo	talfatelítő telep
ŝpalkrampo elasta	rúgós leszorító, rugalmas sínszeg
ŝpalnoĉadmaŝino	talpfa kapcsoló gép
ŝpalnoĉado	kapcsolás, talpfa vájolás, lesarkítás
ŝpalnoĉo	talpfa vájolata, sín felfekvés helye
ŝpalo	alj
ŝpalo ĉirkaŭgumizita	gumibevonatú keresztalj
ŝpalo dubloka	kétblokkos alj

ŝpalo laŭlonga	hosszalj, hosszanti talpgerenda
ŝpalo loziĝinta	laza alj (vágányban)
ŝpalo reljunta	illesztési alj
ŝpalo trakforka	kitérő alj
ŝpalo transversa	keresztalj
ŝpalo unubloka	egyblokkos alj
ŝpalofaco malsupra	alj alsó síkja, felülete
ŝpalofaco supra	alj felső síkja, felülete
ŝpaloreborado	talpfa újrafúrása
ŝpalostakigo	keresztaljak máglyázása
ŝpalosternado	aljfektetés
ŝpalosternilo	aljfektető berendezés
ŝpalotenajlo	alj fogó
ŝpalrenovigo	alj felújítás
ŝpalŝanĝado	aljcsere
ŝpalŝanĝado amasa	tömeges aljcsere
ŝpalŝanĝado dumekspluatada	aljcsere (forgalom alatt)
ŝpalŝanĝado sporada	szórványos aljcsere
ŝpalsidejo	alj felfekvése az ágyazatban
ŝpalŝraŭbo	talpfacsavar, sínacsavar
ŝpalŝraŭboj [fiksi per ~]	sínacsavart behajt
ŝpalŝraŭb-ŝlosilo	sínleerősítő csavarkulcs, trefondkulcs
ŝpalstako	talpfa máglya
specifa ŝarĝo	fajlagos terhelés
ŝpuro	nyomtávolság
ŝtalfadena fasko	huzalköteg
ŝtalfadenaro	acélpászma
ŝtalfadeno	acélhuzal kisátmérőjű
ŝtalplato apartiga	elválasztó acéllemez
ŝtalŝpalo	acélalj
ŝtalŝpalo ipsilonforma	Y-alakú acélalj
ŝtalvergo	acélhuzal
streĉa armatura ŝtalo	feszítő betét
streĉi ŝraŭbon	meghúz (csavart)
streĉo	igénybevétel, feszültség
streĉodiagramo	igénybevételi ábra
streĉoformulo	feszültség képlet
streĉostato	feszültség állapot
subŝtopi ŝpalon	aljat aláver
subtavolo	talajjavító réteg
sukcirkulado	nedvkeringés
supra surfaco de la subkonsruaĵo	alépítménykorona
ŝvelkurbiĝi	vetemedik
taluso	töltés
taŭgeco	alkalmasság
tavollimo	réteghatár

tenono
teoria ŝarĝo
terenfaligi
terkarba gudroleo
terlaboraĵo
tondoforta diagramo
trajnpezo
trakĝustigo
tranĉeo
transetendiĝo
transversa stabileco
transversŝpala trako
trudvojo
ulmoligno
uzebleco
vakuigo
variablo
varianca devio
varmomaturigo
volumeno
zinka duklorido

csap (kötéshez)
elméleti igénybevétel (teher)
dönt (fát)
kőszén kátrányolaj
földmunka, földmű
nyíróerő ábra
elegység
vágány szabályozás
bevágás
túlnyúlás
oldalirányú stabilitás
keresztaljas vágány
kényszer pálya
szilfa
megfelelőség, használhatóság
légritkítás
változó
szórás
hőérlelés
köbtartalom
cinkklorid ($ZnCl_2$)