



Sigray Tibor

A HCM TÁVOLSÁGI SZÁLLÍTÓSZALAG MÉRNÖKI SZERKEZETEI

A HCM távolsági szállítószalag mérnöki szerkezeteinek rendeltetése:

- a szalaggörgők megtámasztása, a támaszerők továbbítása a talajra;
- a szalag számára megfelelő geometriai vonalvezetés biztosítása;
- a szalagot keresztező akadályok (utak, vízfolyások) áthidalása;
- a szalag teljes hosszában a kezeléshez és karbantartáshoz gyalogjáró kialakítása;
- a szalag vízszintes iránytöréseinél a gépészeti, és az elektromos berendezések védelme;
- a kiszolgáló és irányító helyiségek biztosítása.

Acélhidak és vázak

A fenti célok érdekében a távolsági szalag teljes hosszában műtárgyon: vázokon és hidakon halad. A feladás helyén és az iránytöréseknél állomásépületeket, illetve szalagfolyosókat terveztünk.

A szállítószalag gumihevedere görgőtartó bakok közvetítésével fekszik fel az acélszerkezetű vázakra és hidakra. A görgőtartó bakok távolsága általában 110 cm a heveder felső ága és $3 \times 110 = 330$ cm az alsó ág alatt. E méretek többszöröseként volt célszerű megválasztani a vázak és a hidak hossz méreteit. Ennek megfelelően a típusvázak 6,60 és 13,20 m, a típushidak pedig 6,60; 13,20; 19,80; 23,10 és 39,60 m névleges hosszal készültek. Ezekon kívül szükség volt még egyedi hosszúságú vázak és hidak építésére is.

A szállítószalag vezetése a terep közelében a leggazdaságosabb, ezért ahol a szalag vonalvezetése lehetővé tette és nincs keresztezés, mindenütt szalagvázakat alkalmaztunk.

A vázak fő eleme két-két, lábakra állított U tartó. Ezeket a párhuzamos U tartókat vízszintes síkban rácszat merevítik, amelyet a lábakhoz ferde rudak támasztanak ki.

Vázak építése a terep közelében addig gazdaságos, amíg az építendő töltés magassága nem több 1,50 méternél. E magasság felett általában 13,20 méteres hidakat alkalmaztunk. A 13,20 méteres mérettől első sorban ott kellett eltérni, ahol a pályát valamilyen út keresztezi. Ilyen helyekre 19,80, illetve 23,10 méteres hidak kerültek. A fogadóállomás előtt 27,50 m, a 3-as főút felett pedig 35,00 m hosszú hidak épültek.

A szalag egy része suvadásos területen vezet át, itt az alapozási nehézségek miatt viszonylag nagy feszítávolságú, 39,60 méteres hidakat terveztünk. Természetesen a típusméretek tömeges alkalmazása mellett szükség volt minden szakaszon a maradék hosszak

figyelembevételével egy-egy nem modul-méretű váz, illetve hid beépítésére is.

A 13,20 m, a 19,80 m és a 23,10 m hosszú hidszerkezetek kéttámaszú rácsos tartók, a főtartók külső oldalán elhelyezett gyalogjárdákkal. A 13,20 m hosszú hidszerkezet főtartóinak magassága 1190 mm, távolságuk egymástól 1350 mm. A hid szélessége a korlátok között 2,91 m.

A 19,80 és a 23,10 méteres hidak szélességi mérete ugyanez, de magasságuk 1600 mm és természetesen a rúdszelvények mérete is nagyobb. E hidak csuklós sarukkal kapcsolódnak az alátámasztásokhoz, a dilatációs mozgást az egyik oldalon ovális furattal kialakított leerősítés biztosítja. A gyalogjárók burkolata 4,8 cm vastag kátrányolajjal telített puhafa palló, szélességük 75 cm.

A fogadóállomás előtti zárt hidak hossza 27,50, illetve 35,00 méter. Ez utóbbi a 3. sz. főút felett helyezkedik el. A hidak keresztmetszeti mérete: 4000×3960 mm. Rendeltetésük eltér a többiétől; ezekbe helyezik el a szalagfordítás és a feszítés gépeit. Külső burkolatuk szinezés nélküli, pácolt alumínium lemez, illetve sárga drótbetétes üveg.

A leghosszabb hidak építésére a suvadásos területen került sor. A 39,60 m-es hidak 3100 mm főtartó magassággal és 3000 mm főtartó távolsággal készültek.

Átöntő épületek

Az egyes pályaszakaszok töréssel csatlakoznak egymáshoz. Ezek metszéspontjainál egy-egy állomás épül. Az állomásokban szerelték fel a szalag hajtógépeit és a feszítőberendezést, továbbá az anyagátöntő bunkereket. Az épületek burkolattal ellátott acélszerkezetű vázzal épülnek. Alapterületük általában 10×12 m, 8,50 méteres párkánymagassággal. Az épületekhez a szalag vonalában folyosók csatlakoznak, mintegy 40 méteres hosszal. Rendeltetésük a szalagfordító berendezés védelme. Az épületek mellé állomásongként melléképület kerül az elektromos berendezések, melegedők és mellékhelyiségek számára.

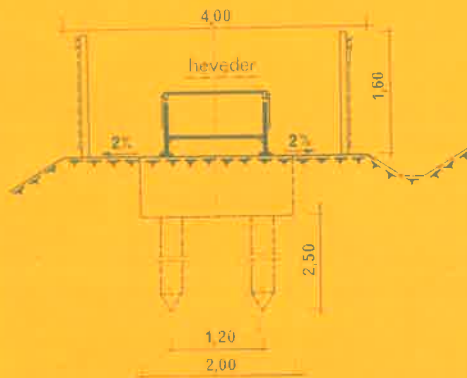
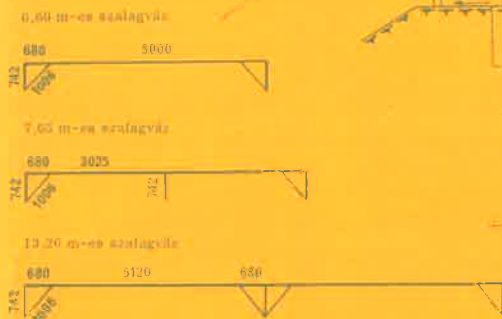
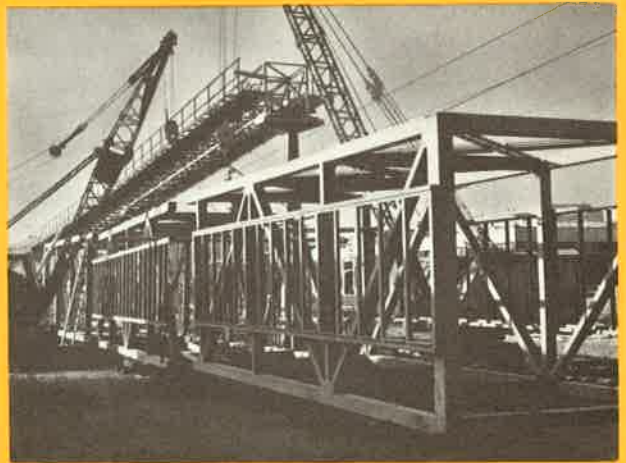
Az állomásépületek acélanyagának minősége: MSZ 500 szerinti A 38, illetve A 38 B; a három állomásépület acélszerkezeteinek összsúlya 143 Mj.

Alátámasztások

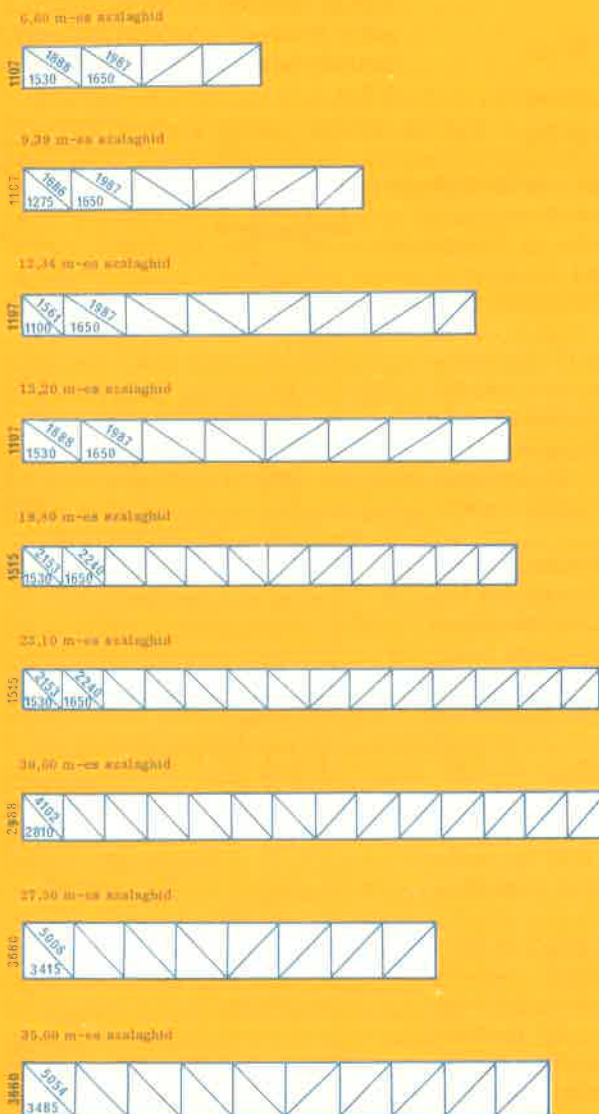
A hidszerkezeteket vasbeton oszlopok támasztják alá. Az oszlopok előregyártással készültek, kivéve a suvadásos területen levő 14 és a leadóállomás előtt levő két alátámasztást.

Az előregyártott oszlopok magassági méretét a szalag vonalvezetése, az alátámasztó hidszerkezet

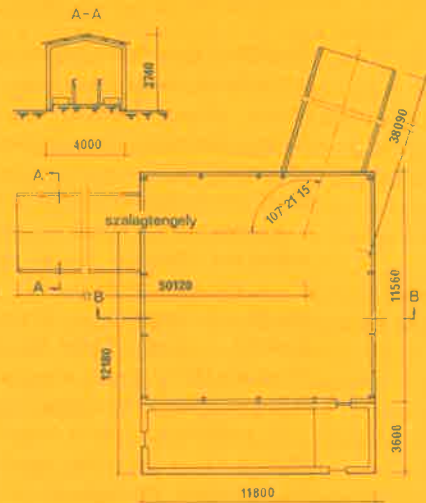
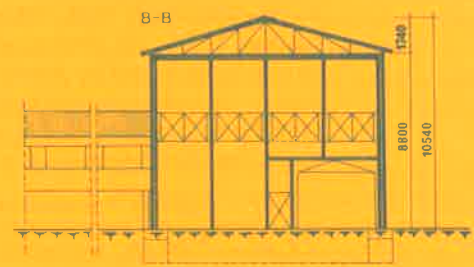
A 35,00 méteres
hid beemelése



Szalagvázak
hálózata és
keresztmetsze



Hidak hálózata



	Fesztláv (m)	db	Súly (Mp)
Váz	6,00	3	1,2
	13,20	269	227,0
	7,60	1	0,5
	Σ	273	228,7
	Híd	6,00	5
9,39		1	1,0
13,20		136	294,0
19,80		11	38,2
23,10		2	9,5
27,50 (24rt)		1	27,9
35,00 (24rt)		1	30,3
39,60		12	173,5
Σ		171	580,5
Váz-híd		Σ Σ	444

Állomásépület

A vázak és a hidak
megoszlása szám,
illetve súly szerint

magassága és a terepszint határozta meg, 3,00 m és 11,00 m közötti magasságú oszlopok alkalmazására volt szükség. Az oszlopokat gyártási okokból 0,50 méteres magassági lépcsőzéssel terveztük. A lépcsőkből adódó kötöttséget az alaptetek magassági helyzetének változtatásával lehetett kiegyenlíteni. Az alaptetek úgy épültek meg, hogy azok felső síkjai a terepszint alatt 15 és 60 cm között helyezkednek el.

Az oszlopok „T” alakúak, az oszlopfejek vastagsági méretüktől eltekintve azonosak. A fejszélességük 1,90 m, 15 cm-es függőleges oldalméret után a kiékelés 25 cm magas. A nyak szélessége 30 cm, az oldalak hajlása 1:30. Az oszlop alsó 1,30 méteres hossza párhuzamos az oszlop hossz tengelyével, ez a befogási hossz. Az oszlopok vastagsági méretét az adott „T” alak és a kihajlási hossz alapján határoztuk meg. Legkedvezőbb méreteknek adódtak:

3,00 – 5,50 m oszlopmagasságig 30 cm

6,00 – 7,50 m oszlopmagasságig 40 cm

8,00 – 11,00 m oszlopmagasságig 60 cm

További lépcsőzést jelent az oszlopoknál a különböző terhelések csoportosítása. Ezt az oszlopok vasbetéteinek változtatásával vettük figyelembe. A 30 cm vastag oszlopoknál a vasbetétek azonosak, azonban a 40 cm-es és 60 cm-es oszlopok már háromféle vasbetét rendszerrel készültek.

Az oszlopok tetején minden irányban 15–15 centiméterrel túlnyúló, 15 cm vastag fejlemez helyezkedik el. A túlnyúló konzolokba talpas acélcsőveket építettek be a hidszerkezet saruinak leerősítésére. Oldalanként 4–4 db csövet kellett beépíteni. Az oszlopok felső síkját 3 cm-rel alacsonyabbra terveztük az esetleges építési hibák ellensúlyozására.

A szállításnál és a szerelésnél szükséges megfogáshoz az oszlopokba emelőkampókat betonoztak be. Az oszlopok bádorgborítású faszaluzatban készültek üzemi előregyártással. A betonminőség B 200, a betonacél B 50.36 periodikus. Összesen 150 db előregyártott oszlop készült. A felhasznált beton mennyisége 216 m³, a betonacélé 545 q.

A szállítószalag fogadóállomása előtt 2 db „H” alakú monolit vasbeton oszlop épül. Magasságuk 7,38 m, illetve 10,50 méter. Az oszloplábak keresztmetszete 60 x 70 cm, távolságuk egymástól 3,80 m. A lábakat egy-egy felső és egy-egy közbenső vízszintes gerenda köti össze.

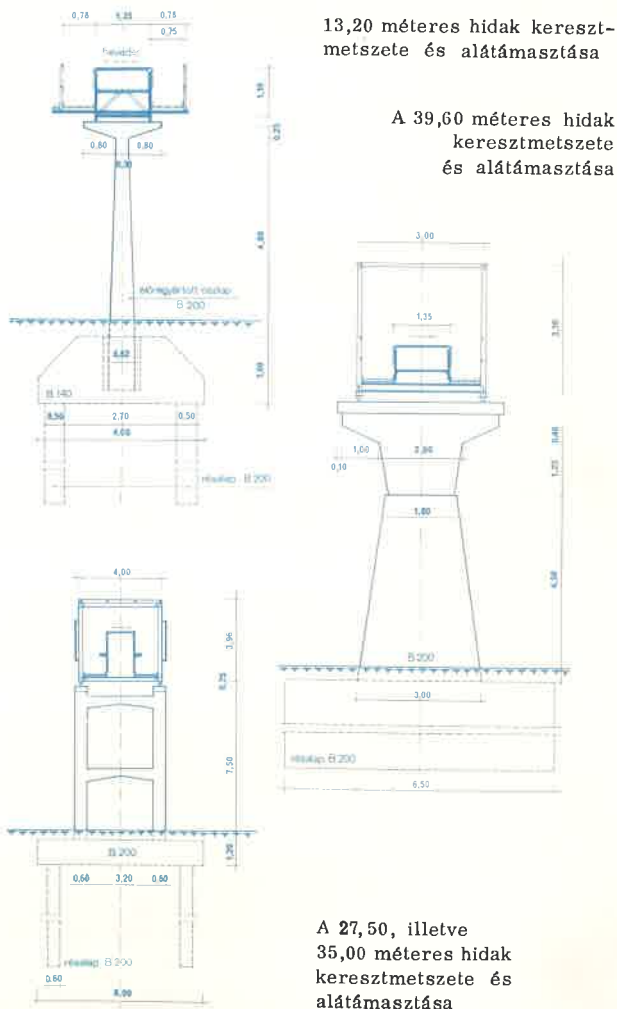
A szállítószalag suvadásos területen áthaladó szakaszának elején résalapokra támaszkodó monolit oszlopok épültek. A 6 db „X” alakú oszlop fejrésze 4,20 x 1,00 m, a talpa 3,00 x 0,60 m. Az „X” forma a „T” alakú fejből és a trapéz lábrészből tevődik össze.

A terep esésvonala többnyire merőleges a szállítószalag tengelyére, ezért a résalapok is általában a

szállítószalag tengelyére merőlegesen épülhettek. Két résalapot azonban a szállítószalag tengelyétől 45°-os szögben kellett elfordítani, hogy azok esésvonalba kerüljenek. A sorozatgyártás érdekében a hidakat egysegesen merőleges kiképzéssel alakítottuk ki. Ezáltal olyan alátámasztásokra volt szükség, amelyeknél az alsó rész a szalagtengellyel 45°-os szöget bezáró résalapra ül fel, a felső rész pedig a merőleges végű hidakat támasztja alá.

A feladatot 45°-kal elcsavart felsőrészű oszlop tervezésével oldottuk meg. Nyolc résalapra ugyancsak monolit oszlopok épülnek. Itt az oszlopok magassága 0,80 m és 3,43 m között változik. Kialakításuk az „X”-alakú oszlopok felső részéhez hasonlóan történt.

Az oszlopfejrészek kiképzésénél a méretek megfelelő növelésével az előregyártott oszlopoknál alkalmazott lekötési módot alkalmaztuk. A monolit oszlopokat B 200-as minőségű betonból készítették. A felhasznált betonmennyiség 106 m³, a betonacélé (B 50.36) 173 q.





A 39,60 méteres
hidak és oszlopok

Alapozás

A terület domborzati viszonyait nézve két szakasz hegyvidéki, egy szakasz síkvidéki jellegű. A terep a hegyvidéki szakaszon erősen szabdalt és helyenként felszíni mozgásokra utaló gyűrődéseket mutat. Az egyik szakasz végén, egy elhagyott agyagbánya területén suvasodások, csúszások is előfordultak; jelenleg is megfigyelhető a bányászott területet határoló részsűk leszakadása és a felszíni rétegek lassú mozgása.

A szalagnyomvonalát átlagosan 100 m távolságokra telepített 8–10 méteres fúrásokkal tártuk fel, a fúrások szükség szerinti sűrítésével.

A feltárások alkalmával többnyire bentonitos kövér agyagok kerültek a felszínre, amelyek szerkezetüket tekintve jelentősen eltérnek a szokványos agyagoktól. Az eltérés az agyag plasztikusági vizsgálatánál a legszembetűnőbb, amely vizsgálat igen magas (40–50% közötti) sodrási határt és igen magas (50–90% közötti) plasztikus indexet mutat. Feltűnő még az alacsony száraz térfogatsúly ($1,20-1,30 \text{ Mp/m}^3$) és az ugyancsak alacsony (általában 10° alatti) súrlódási szög. Az agyag előbbi jellemzői annak rendkívüli viselkedésével járnak együtt (nagy mértékű térfogatváltozás, repedezettség stb.) és ezek a tényezők döntően befolyásolják a talaj állékonyságát. A kövér agyag mellett számottevő volt a közepes agyag és a homok előfordulása, míg a sovány agyag és iszap csak foltookban jelentkezett.

A feltárt talajok zömét kitevő agyagtalajok építésszalag alapozás szempontjából a szokványos agyagtalajokhoz viszonyítva lényegesen hátrányosabb tulajdonságokat mutatnak, mivel ezek montmorillonit tartalmú vulkáni hamuból keletkeztek, és a nedvességre erősen reagálnak. A terület nagy része erdőborította, csapadékdús vidék, erős hossz- és keresztirányú esésekkel, amely tényezők a felület elnedvesedését okozzák. Összefüggő talajvizszint csak a mélyebb fekvésű sza-

kaszon fordul elő 2,00–9,00 m közötti mélységekben. A többi szakaszon a talajvíz rétegvizként jelentkezett. A vízminőség vizsgálatára szerint sem a talajvíz, sem pedig a rétegvizek nem minősülnek a betonra agresszívnek.

A kis terhelésű és sűrű alátámasztású szalagvázak vasaltbeton fejréndákra támaszkodnak. A gerendák felső síkja azonos a rendezett terepszinttel. A gerendák alá 2–2 db 3,00, illetve 4,00 méteres előregyártott vasbeton cölöpöt terveztünk. Az alapozásra alkalmatlan felső talajrétegek miatt a cölöpalapozást úgy terveztük meg, hogy a cölöpök mindenütt legalább 2,00 méterre érjenek le a termelt talajba.

Ott, ahol a pályát utak keresztezik, vagy az mélyebb völgyeken halad át, a szállítószalagot a térszint fölött magasabban kell vezetni.

Az előregyártott vasbeton oszlopok (az összes oszlop 90%-a) vasaltbeton tömbalapokba épülnek be. A beépítéshez az alapokban kelyheket hagytak ki. A kelyhek mérete mindkét irányban legalább 10–10 cm-rel nagyobb, mint az oszlop mérete. Az alapok magassága 1,60 m, amelyből 1,35 m a kehely. Alaprajzilag $4,00 \times 2,20 \text{ m}$, illetve $4,00 \times 2,60 \text{ m}$ méretűek. A 4,00 méteres szélesség a szalagtengely és a kisértített terület széle közötti, 2,00 méteres távolságból adódott. A hidak és vázak találkozásánál a töltés megtámasztására a vázalapokat szárnyfalakkal alakították ki. Az oszlopok tömbalapjai és a vázak alapjai B 140-es minőségű betonból készültek, a vasbetétek minősége B 50.36.

Az adott körülmények között üzembiztonsági és gazdasági szempontból is a cölöpalapozás bizonyult előnyösnek. Üzembiztonsági szempontból követelmény, hogy a szalag vonalvezetésében – az egyes alátámasztások süllyedése miatt – törés ne következzen be. A várható süllyedés értéke cölöpözés esetén csak cm rendű, míg sicalapok esetén dm rendű értéket is elérhet. A cölöpözés még kis terhelések esetén is előnyösebb, mivel tömörítő hatást fejt ki a talajra, és bizonyos mértékig megköti a laza fedőréteget.

A szalagváz-alapoknál megvizsgáltuk a sicalapozás alkalmazásának lehetőségét is. Az alapozási síknak –2,00 méteres szinten történő felvétele mellett azonban a sicalapozás a cölöpalappal szemben gazdaságatlanabbnak bizonyult. A kivitelezés során az eredeti terv szerinti vert vasbeton cölöpök helyett velük egyenértékű részfalakat készítettek.

A suvadásos területen résfalas alapozást alkalmaztunk. A terület szivárgó rendszerrel történő víztelenítésével és a részsűk megfelelő kialakításával a suvadási veszély várhatóan a minimálisra csökken. A részfalak 0,65 cm szélesek, 6,50 m hosszúak és 14,00 m mélyek a terepszinttől mérve. A falak szélességi méretükkel a várható csúszásirányban, a terep

Monolit tartóoszlopok



esésvonalában helyezkednek el. Ezáltal a csúszásra hajlamos földtömeg útjába csak egy viszonylag keskeny pengeszzerű fal kerül. Ezeknél a szakaszoknál a legnagyobb fesztávú, 39,60 méteres hidakat alkalmaztuk, ami által csökkentettük a földmozgás hatásának kitett alapok számát.

Várhatóan csak a földtömeg felső, mintegy 5,00 méteres vastag rétege mozog, ezért a falakat ebben a magasságban 20 cm vastag nádpallóval burkoltuk és melléjük további 45 cm vastag tőzeg beépítését terveztük. Ezt az összenyomható réteget felülről agyagdugó zárja le. Az így kialakított falat a felső 6,00 méteres szakasznál fellépő természetes földnyomásra és a szerkezetről átadódó teherre méreteztük.

A számítás során a résalap oldalirányú rugalmas befogását is figyelembe vettük (lásd: Beispiele zur Berechnung von Stein- und Betonbrücken).

A feszültségábra ordinátái az alábbi képlettel számíthatók:

$$\sigma_h = m \cdot h \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum P}{F} + \frac{\sum M}{W} \psi$$

$$\sigma_{y0} = \frac{m \cdot h \alpha}{4}, \text{ itt: } m = \frac{\xi \sum M}{W} \frac{1}{h},$$

h = a befogási mélység

P = az alapra ható központos nyomóerő

M = az alapra ható nyomaték

W = a keresztmetszeti modulus

ψ, α, ξ = a hivatkozott irodalom szerinti segédmenntényiségek.

A terhelési és geometriai adatok behelyettesítésével az alábbi feszültségértékek adódtak:

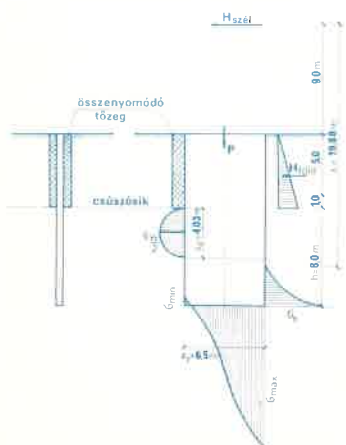
$$\sigma_h = -4,25 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_1 = -11,8 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_2 = (+0,8) \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{y0} = -2,2 \text{ kp/cm}^2$$

Suvadásos szakasz résfalainak feszültségeloszlása ahol:

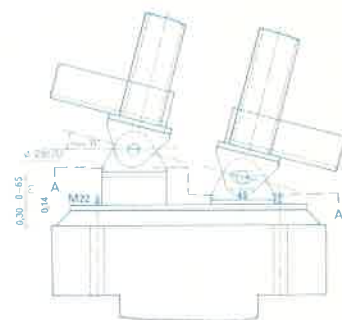


A talaj mozgását figyelemmel kell kísérni és különösen az első időszakban szükséges a falak rendszeres ellenőrzése. Az összenyomható réteg kicserélése a későbbiek során elvégezhető, ha a csúszás révén a földnyomás kialakul. A résalap B 200-as minőségű (450 kg/m³ C 500) betonból készül. A betonacél minősége B 50.36.

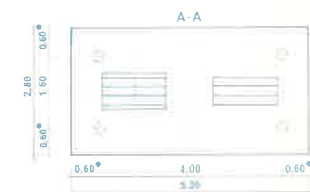
Az alapozásnál felhasznált anyagmennyiség:

Résalap		Vasbeton alaptest	
Beton	710 m ³	Beton	2400 m ³
Betonacél	348 q	Betonacél	718 q

A tipushidak sarui



A sarulemez furatait az építési eltérések ellen-súlyozása céljából a helyszínen kell elkészíteni! (A * -gal jelzett méretek elméleti értékek!)



Az építési tűrések figyelembevétele

A tervezéskor nagy gondot fordítottunk arra, hogy a kivitelezés során előforduló méreteltéréseket korrigálni lehessen. Az előregyártott oszlopok vasbeton talpgerendájába kelyhet terveztünk. A kehelybe kerülő oszlop befogását a körülbetonozás biztosítja.

Vízszintes síkban az oszlopok felső határmagasságainál, azaz 5,50; 7,50 és 11,00 méternél, a kelyhek mérete mind hossz-, mind keresztirányban +10 centiméterrel nagyobb az oszlopok méreteinél. A határmagasságok alatt a keresztirányú tűrések értékei elérik a +20 cm-es értéket is, mivel a kelyhek méretét kisebb oszlopméretek esetén sem csökkentettük. Magassági értelemben ±5 cm-es tűrést irányoztunk elő, azonban további ±10 cm-es magassági hibák kijavítására is lehetőség van az oszlopok befogási hosszának változtatásával.

Az oszlopokhoz a hidak sarukkal kapcsolódnak. A saruk kialakítása olyan, hogy a hidra felhegesztett kettős sarulemez közé kerül a fordított „T” alakú

alsó sarulemez és a kettőt csapszeg rögzíti egymáshoz. A fordított „T” alakú talpas saru alsó részét a talplemezre hegesztik. Annak érdekében, hogy a hidak az elérhető pontosság határán belül tervezett helyükre kerüljenek, egy-egy alátámasztáson két-két hid alsó részét közös talplemezre helyeztük. A talplemezek szélességi méreteit úgy vettük fel, hogy azokkal további ± 3 cm nagyságú építési hiba legyen javítható, a leerősítő furatok helyszíni készítésével. Magassági értelemben az oszlopok felső síkját ugyancsak 3 cm-rel adtuk meg alacsonyabbra. A sarulemezt terv szerinti magasságára — az oszlop felső síkjának megépült magasságától függően — különböző méretű alátétlemezekkel és cementhabarcs kiöntéssel lehet beállítani. Az alátétek mérete elérheti a dm értéket is. Vízszintes síkban 3 cm-en felüli eltérések esetén egészen 8 cm-ig, a talpas saru alsó részeinek a talplemezen történő mozgásával lehetőség van a tervezett helyzet biztosítására. Ha ennél nagyobb hosszirányú eltérés adódik (10–15 cm), a tervezett helyzet két-három hidmező hosszirányú mozgásával még mindig beállítható.

A szalagvázak alaptesteinél ugyancsak a gyakorlatban szokásos 3 cm-es aláöntéssel terveztük az alapokat. A vízszintes síkban a lyukak mérete ± 5 cm-es tűrést biztosít. Az alátétek magasságának növelésével, továbbá kisebb lyukvéséssel a 10 cm nagyságrendű eltérések még könnyen javíthatók.

A megépült szakasz



Építési organizáció

Az organizációs tervezés, az építés-kivitelezés megtervezése, az építési, szerelési, szállítási feladatok feltételeinek biztosítása során az alábbi alapvető tényezőket kellett figyelembe venni:

- a terület lejtését, amely erősen változó, 0–35% közötti;
- a rendelkezésre álló (kisajátított) terület nagyságát, amely a távolsági szalag nyomvonalán 20 m szélességű, amelyen belül az épülő szerkezet, továbbá a meglévő üzemelő kötélpálya is elhelyezkedik.

A fentiek figyelembevételével az egyes alapvető építés-kivitelezési feladatokra megfelelő megoldásokat dolgoztunk ki.

Az építési területen ideiglenes út építése igen jelentős költséget igényelne, amellett, hogy ez sem biztosította volna maradéktalanul a közúti szállítójárművek használatát az erős lejtések miatt. Ezért a nyomvonallal mellett négy, közúton megközelíthető anyagtároló helyet jelöltünk ki. Innen, a meghatározott nyomvonalon, lánctalpas vontató szállíthatta az építési anyagot a beépítés helyére. A terepet ehhez csak földmunkával kellett alkalmassá tenni. Az építés közben a szükséglet szerint egyes helyeken ezen a nyomvonalon kőszórás készült.

Az ideiglenes építési melléklétesítményeket — tekintettel a nyomvonalas jellegű építésre — könnyen áthelyezhető megoldással, az ideiglenes vízellátást tartálykocsikkal, az elektromos energia biztosítását aggregátorral terveztük.

A szerkezetek: előregyártott vasbeton pillérek, szalagvázak, 13,2 méteres szalaghidak beemelését a terepviszonyoknak legjobban megfelelő 12 Mp teherbírású lánctalpas daru végezte el.

A 39,6 méteres szalaghidak szállítását három darabban, elhelyezését a csatlakozási helyeken épített állványon történő összeszereléssel oldottuk meg. A 35 méteres, 31 Mp súlyú hidegység szerelése és elhelyezése különös nehézséget okozott. Közúton szállítható egységeinek összeszerelését a helyszínen kellett elvégezni, továbbá a 3-as számú főút feletti szakaszát csak az út lezárásával lehetett beemelni. Ezt a hidegységet a tervek szerint két 40 Mp teherbírású Jones-autódaru emelte be.

Az emelés időtartamára (egy munkaszüneti nap 21 órától–04 óráig) a 3. sz. főútvonalon terelőútvonalat jelöltek ki, amely a főútvonal forgalmát akadálytalanul biztosította.