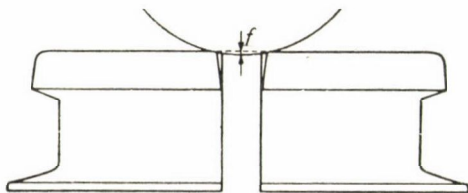


HÉZAGNÉLKÜLI HEGESZTETT VASÚTI VÁGÁNYOK FEKTETÉSE, FENNTARTÁSA, ÜZEMKÖZBENI VISELKEDÉSE ÉS GAZDASÁGOSSÁGA*

1. A vasúti felépítmény hibái, a sínillesztésekre tekintettel

A *sínillesztések* a vasúti vágányok leggyengébb helyei, egyrészt azért, mert itt a tartórendszer megszakad, másrészt, mert a sínek hőmérsékletokozta hosszirányú mozgásai miatt a sínvégek között megfelelő hézagot kell hagyni. Így a járművek kerekei zökkenésekkel és ütődésekkel gördülnek át az illesztési hézagok fölött. E jelenség első oka a kerékeknek a hézagba történő f mélységű

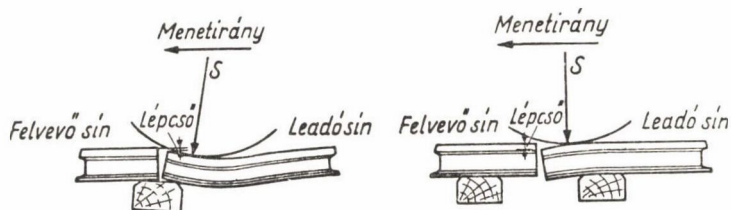


1. ábra. A kerék áthaladása a sínillesztésen

beesése (1. ábra), amely azonban csak igen csekély, század mm nagyságrendű. Nagyobb jelentőségűek azok az okok, amelyek a *sínvégek lehajlásából* származnak. A lelépő és fellépő sínvégek között — gyengén illeszkedő hevederkötés esetén — elkerülhetetlenül egy magassági lépcső áll elő (2. ábra). Gyakran előforduló hiba továbbá a függőleges irányú *könyökképződés* is (3. ábra), amely abból származik, hogy a sín az illesztésnél a hevederek méretétől függően nem tudja eredeti hullám alakú deformációs vonalát felvenni. A sínvégeknek üzem közben sokmilliószor megismétlődő ilyen függőleges irányú mozgásai azt eredményezik, hogy a sínvégek *elverődnek és lehajlanak*.

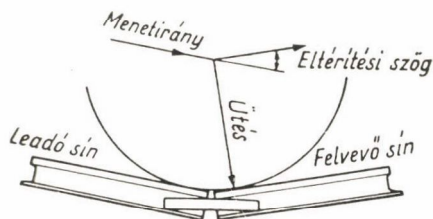
* A *Vasútépítés- és üzemi tanszék* az 1956 és 1957 években a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával kutatási témaként is foglalkozott a vasúti vágányok hézag nélküli kialakításával. A kutatási munkát *Kutasz Lajos* és *Nemes József* államvasúti műszaki főtanácsosok végezték, a tanszék részéről *Kerkápoly Endre* egyetemi adjunktus közreműködésével. A két éven át végzett elméleti és gyakorlati kutatómunkáról összefoglaló jelentés készült, amelyet — az e helyen rendelkezésre bocsátott terjedelem határai között — kivonatossan ismertetek.

E káros jelenségek megakadályozására, illetve csökkentésére irányultak azok a kísérletek, amelyeket a különböző vasútak a ferdén elvágott, illetve a rálapolt megmunkálású sínvégekkel, váltakozó gerincű aszimmetrikus keresztmetszetű sínek illesztésével, a kerékalátámasztó hevedersínekkel, továbbá eltolt sínillesztések alkalmazásával stb. végeztek, melyek közül azonban egy sem járt megnyugtató eredménnyel. Az illesztések korszerűbbé tétele céljából rátértek a lengő sínillesztés helyett az *ikeraljas sínillesztésre*, valamint az iker-aljakat áthidaló nagy alapterületű illesztési alátétlemezek alkalmazására (4. ábra).

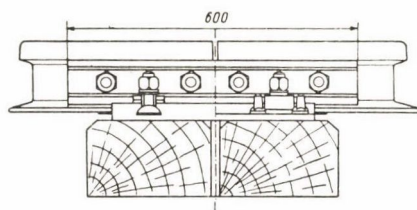


2. ábra. Lépcsőképződés a sínillesztésnél

A fejlődés folyamán, amidőn a síngyártás, valamint a sínek hegesztése egyre tökéletesebb és fejlettebb lett, minden vasút a *sínek hosszát* igyekezett növelni, mert ezáltal lényegesen lecsökkenthető a fentiekben említett hibák gyökere: a sínillesztések száma.



3. ábra. Függőleges irányú könyökképződés



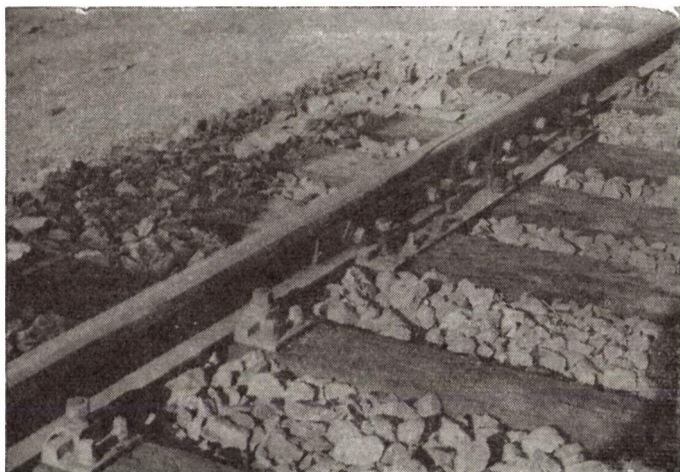
4. ábra. Szorítólemez ikeraljas sínillesztés

A magyar vasutak első vonalán, a *pest—váci vasútvonalon* 1846-ban a sínhossz még csak $5,531$ m volt. A $42,8$ kg/fm súlyú „I” síneknek 1894-ben történt bevezetésekor a sínhossz már 12 m, 1926-ban pedig 16 m. A Magyar Államvasutak 1928-ban vezették be a $48,3$ kg/fm súlyú sínrendszert, kezdetben 18 m, majd 1929 óta 24 m sínhosszal, amely utóbbi elméleti szempontból már nem a szabadon táguló, hanem a gátoltan dilatáló sínek sorába tartozik.

2. A hegesztett hosszúsínes és a hézag nélküli vágányok kifejlődése

„Hosszúsínes vágány”-nak általában azt a vágányrendszert nevezzük, amelynél a *sínek hossza miatt a hőmérséklet hatására keletkező dilatáció gátolva van*, tehát a sín nem terjeszkedhetik szabadon. A 20 m-nél hosszabb sínek már gátoltan dilatálnak a mi éghajlati viszonyaink között.

A két világháború közötti időben a legtöbb nagyvasút bevezette a hosszúsínes vágányok fektetését. A *Magyar Államvasutak* 1938-ban kezdték alkalmazni a $2 \cdot 18 = 36$ m hosszú gátoltan dilatáló síneket. Ez akkor európai viszonylatban is komoly fejlődési állomást jelentett. Többek között a *svájci államvasutak* 24 m és 36 m hosszú síneket alkalmaztak, a *francia vasutak* szabványos sínhossza ugyancsak 36 m, a *német vasutaké* 30 m, illetve 45 m. A német vasutak fektettek 60 m hosszú síneket is. A *belga vasutak* 1934-ben Antwerpen—Bruxelles között 54 m hosszú síneket fektettek, ugyancsak 54 m hosszú síneket alkalmaztak az *angol vasutak* is.



5. ábra. Csilléry-féle dilatációs szerkezet

A 24—36—60 m hosszú vágánymezőkkel szerzett kedvező tapasztalatok, az előzetesen felvetett aggályok és baleseti veszélyek mértékének lényeges eltörpülése arra indították a különböző vasutak műszaki vezetőit, hogy kísérleteket tegyenek a sínhosszak további növelésére és hosszúsínes vágányok helyett tulajdonképpen a *hézagnélküli hegesztett vágányrendszer alapjainak kialakítására*.

A *Magyar Államvasutak* 1933—1939 között számos hegesztett kísérleti szakaszt fektettek. Így Bicske állomáson 200 m, Almásfüzitő állomáson 120 m, Budapest—Angyalföld és Óbuda között nyíltvonalban 96 m, Cegléd és Ceglédbercel—Cserő között 111 m és a budapest—székesfehérvári fővonalon ugyancsak 111 m hosszú sínszalakkal képeztek ki hosszabb-rövidebb szakaszokat. A két utóbbi nyíltvonali szakasznál a hosszúsíneket *Csilléry-féle dilatációs szerkezettel* (5. ábra) csatlakoztatták egymáshoz. Sajnos a nagy gonddal és költséggel megépített és fenntartott kísérleti szakaszok nagyrészt a második világháború vihara elsodorta.

Egyes külföldi vasutak már több évtizede eredményesen foglalkoznak a hézagnélküli pályák kialakításával. Érdekességként megemlíthető, hogy *Angliában* e gondolatot már 1821-ben szabadalmaztatták, kivitelre azonban megfelelő hegesztési eljárás hiányában nem kerülhetett sor. 1855-ben ugyancsak Angliában létesítettek egy 4827 m hosszú hézagnélküli szakaszt, amelynél

a síneket mereven *összeszegecselték*, anélkül, hogy a dilatáció folytán bármilyen nehézség állt volna elő. 1948 óta a *London Passenger Transport Board* 731 m hosszú szakaszokat fektetett 91 m hosszú hegesztett sínekből, oly módon, hogy ezek hegesztés helyett különleges hevederekkel vannak összekapcsolva hézag nélküli ütköztetéssel és fixírozással. E 731 m hosszú, végeiken dilatációs szerkezetekkel ellátott szakaszok ily módon a hézag nélküli felépítmény egy különleges formáját jelentik.

Jelentős előrehaladást ért el a hézag nélküli vágány *Németországban*, ahol ez idő szerint több mint 7000 km vonali és 1000 km állomási hézag nélküli vágány van, továbbá kb. 6000 csoport kitérő van összehegesztve. Az egybe összehegesztett szakaszok hossza a vonali vágányokban a 22 km-t is eléri.

Franciaországban a 800 m-t mint maximális hézag nélküli vágányhosszt 1950-ben vezették be és az ilyen hosszal végzett felújítások évről évre növekedtek, azok hossza a 3000 km-t is meghaladja.

A *csehszlovák vasutaknál* az első kísérletet 1954-ben végezték a pilzeni vasútigazgatóság területén, 1275 és 3715 m hosszú szakaszokban, 49 kg/fm sínekkel feszítő-szorítólemezes (Hohenegger-féle) leerősítéssel, háromrészes feszített betonraljon, ill. talpfán. A megfelelő kísérleti eredmények után 1955-ben az összes csehszlovák vasútigazgatóságok megkezdték a hézag nélküli felépítmény alkalmazását a legkülönbébb üzemi feltételek között, így pl. 7 km-en felüli hosszúságú szakasz is létesült. Az 1957. év végéig a hézag nélküli vágányok hossza meghaladta a 300 km-t.

A *Szovjetunió* vasutain az utóbbi években kezdtek hézag nélküli vágányt fektetni, elsősorban állomási vágányban. 1951-ben Szibériában mostoha klimatikus viszonyok között fektetett 2 km hosszú hézag nélküli vágánnyal jó tapasztalatokat szereztek. 1954-ben Moszkva mellett erősen terhelt vonalon 8,5 km, 1956-ban 17 km hézag nélküli vágányt fektettek, 1957-re 50 km fektetését tervezték kísérletképpen.

3. A hézag nélküli felépítmény elmélete

A hézag nélküli vasúti felépítmény építésével kapcsolatban az elmúlt évtizedekben számos elmélet született, e téren elsősorban *dr. Nemesdy József*, *Amman*, *Wattmann*, *Miscsenko*, *Sahunjanc*, *Lévi*, *Birmann* stb. munkássága ismeretes. A legfontosabb elméletek a hézag nélküli felépítményben a hőmérsékletváltozás és terhelés hatására keletkező *feszültségek*, *sín- és vágánymozgások*, *vágánykivetődések*, *hidegtörések* mértékének, ill. feltételeinek meghatározására vonatkoznak, különféle vágányrendszerek esetében. E helyen csak az elméletek alapja kerülhet röviden tárgyalásra, a részletek mellőzésével.

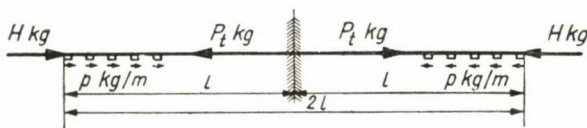
A vasúti vágány sínei a hőmérséklet változásainak hatására hosszukat megváltoztatják, ezért a sínillesztésekben megfelelő *hézagot* kell biztosítani. E terjeszkedési hézag nagyságát *20 mm-nél nagyobbra* egy vasút sem veszi, szerkezeti okokból, mert ennél nagyobb hézag esetén a járművek áthaladása az előzőekben már részletezett okok folytán nem lenne sima és egyenletes, a kerekek pedig a sínvégekre túlságosan erős ütésekkel mérnének. A megválasztott legnagyobb illesztési hézag egyben megszabja azt a sínhosszat is, amely mellett a sín szabadon — gátlás nélkül — tud terjeszkedni, vagy összehúzódni. Ezek a sínek az ún. *szabadon dilatáló sínek*, amelyekben — szabályos hézagalakulás mellett — belső feszültségek nem keletkeznek és az illető földrajzi

helyre érvényes szélső hőmérsékleti határok között bekövetkező legnagyobb hossznövekedésüket, illetve rövidülésüket is minden nehézség és gátlás nélkül el tudják végezni. A mi éghajlati viszonyainkat figyelembe véve a sín *legáltalában* hőmérsékleti értéke $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, *legmagasabb* hőmérsékleti értéke pedig $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A $2 \cdot l$ hosszúságú szabadon dilatáló sín *hosszváltozása* ($t_2 - t_1$) $^{\circ}\text{C}$ sín-hőmérséklet változás hatására :

$$y = a \cdot 2 \cdot l (t_2 - t_1) \text{ cm}$$

ahol a a sínacél hőkiterjedési együtthatója, $11,5 \cdot 10^{-6}$.



6. ábra. A sínben fellépő hosszirányú erők

A *fajlagos megnyúlás* pedig :

$$\varepsilon = \frac{y}{2 \cdot l} = a (t_2 - t_1)$$

A *hőkiterjedésben gátolt felépítmény* sínjében a hőmérsékletváltozásból származó *fajlagos feszültség*:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = a \cdot E (t_2 - t_1) \text{ kg/cm}^2$$

illetve *tengelyirányú húzó-, ill. nyomóerő*:

$$P_l = \sigma \cdot F = a \cdot E \cdot F (t_2 - t_1) \text{ kg}$$

ahol E a sínacél rugalmassági modulusa, $2\,150\,000 \text{ kg/cm}^2$

F a sín keresztmetszeti területe, cm^2

A feszültség (σ) valamint a dilatációs erő (P_l) nagysága tehát a fenti összefüggések szerint nem függ a mozdulatlanul befogott sínszál hosszától, hanem csak a hőmérséklet változástól, illetve a sín anyagától és keresztmetszetétől.

Azt a hőfokot, amelynél a sín feszültségmentes, *fektetési* vagy *semleges hőfoknak* szokás nevezni. A mi éghajlati viszonyaink között ez a fektetési hőfok a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ és a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ szélső értékek középértéke: $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ha a semleges hőfokhoz képest a sínhőmérséklet emelkedik, nyomófeszültségek, ha csökken, húzófeszültségek lépnek fel.

A tengelyirányú dilatációs erővel (P_l) szemben reakció erők lépnek fel, amelyek *gátolják a sínt szabad terjeszkedésében* (6. ábra). Ezek a gátló erők az alábbiak:

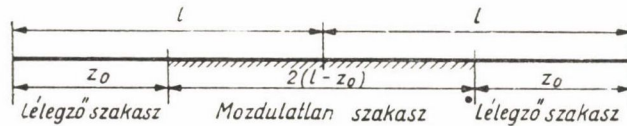
a) A jól meghúzott *hevederek súrlódási ereje* (H), amelynek értéke $10\,000$ — $20\,000 \text{ kg}$ közötti értékeket vehet fel.

b) Az aljak passzív ágyazati ellenállása és az ágyazatban, az aljak alsó síkján fellépő súrlódási ellenállás. Egy alj teljes ellenállása (P) az ágyazat anyagától függően 400—1000 kg/alj.

Pontosabb számítások szerint ez az aljellenállás nem tekinthető állandónak, hanem az a hosszirányú elmozdulás mértékével arányosan nő :

$$P = A + B \cdot y$$

ahol A és B állandó értékek, amelyeket kísérleti úton állapítottak meg. Zúzott-kő ágyazatban nyári időben $A = 500$, $B = 200$, téli időben $A = 700$, $B = 300$.



7. ábra. A hézag nélküli sínmező mozgása

Ezt az erőhatást megadhatjuk úgy is, hogy azt az egyik sínszál folyó-méter-hosszára vonatkoztatjuk :

$$p = \frac{P}{2 \cdot k} = \frac{A + B \cdot y}{2 \cdot k} \text{ kg/m}$$

Egy sínvég elmozdulásának nagyságát, azaz a tulajdonképpeni dilatációs hézagot, y_t -et adott t hőfok esetén ki lehet számítani. A számítás menete hosszú, ezért annak csak egyszerű és könnyen számítható végképletét közöljük *dr. Nemesdy* elmélete alapján.

$$y_t = \left(a \cdot t \cdot l - \frac{H \cdot l}{E \cdot F} \right) (1 - \vartheta) - 1,5 \frac{A}{B} \vartheta (1 - 1,25 \vartheta) \text{ cm}$$

ahol :

$$\vartheta = \frac{B \cdot l^2}{6 \cdot k \cdot E \cdot F}$$

Ez a képlet lehetőséget ad arra is, hogy adott illesztési hézag mellett a záródási hőfokot, illetve a teljes nyitási hőfokot is ki lehessen számítani.

A hézag nélküli vágányoknál a hosszirányú mozgások a $2 \cdot l$ hosszúságú mezőnek csak a végeinél levő ún. „lélegző szakaszaira” (z_0) terjednek ki (7. ábra), míg a középső $2(l - z_0)$ szakasz mozdulatlan marad. E lélegző szakaszok hossza :

$$z_0 = \frac{1}{\delta} \text{ area sh } \frac{m}{\alpha \cdot \delta}$$

ahol :

$$m = a \cdot t - \frac{H}{E \cdot F}; \quad \alpha = \frac{A}{B}; \quad \delta = \sqrt{\frac{B}{2 \cdot k \cdot E \cdot F}}$$

A z_0 lélegző szakasz hosszát egyszerűbben is meg lehet határozni, ha az előzőek szerint feltételezzük, hogy az aljak ágyazati ellenállása végigállandó. Ekkor :

$$(\alpha \cdot E \cdot F \cdot t) - H - \int_{l-z_0}^l p dx = 0$$

minthogy e keresztmetszetben a tengelyirányú dilatációs erő egyenlő a reakcióerők összegével. Ebből :

$$z_0 = \frac{(\alpha \cdot E \cdot F \cdot t) - H}{p} \quad \text{cm}$$

A hézag nélküli vágányok építésének egyik legnagyobb veszélye a már ismert hosszirányú erő hatására bekövetkező *vágánykivetődés* azaz a vágány tulajdonképpeni kihajlása. E jelenséggel kapcsolatban számos elmélet ismeretes, amelyek közül a *dr. Nemesdy* és a *Miscsenko*-féle vizsgálatok végeredményeit közlöm.

Dr. Nemesdy szerint a *függőleges vágánykivetődést* előidéző erő :

$$P_v = 3,13 \sqrt{E \cdot F \cdot g \cdot i_h} \quad \text{kg}$$

a *vízszintes vágánykivetődést* előidéző erő :

$$P_h = 2,68 \sqrt{E \cdot F \cdot g \cdot i_v}$$

ahol g = a félvágány súlya, kg/cm

q = az ágyazat oldalirányú ellenállása kg/cm

i_h és i_v = a sínkeresztmetszet tehetetlenségi sugarai, a vízszintes, ill. függőleges súlyponttengelyre vonatkoztatva, cm

A Miscsenko-féle vizsgálat szerint a *függőleges vágánykivetődést* előidéző erő (8. ábra) :

$$P_{0v} = \frac{2,680}{\sqrt[4]{n}} \sqrt[4]{4 \cdot I_h \cdot F \cdot E^2 \cdot g^2} \quad \text{kg}$$

a *vízszintes vágánykivetődést* előidéző erő :

$$P_{0h} = \frac{2,416}{\sqrt[4]{n}} \sqrt[4]{4 \cdot I_v \cdot F \cdot E^2 \cdot q^2} \quad \text{kg}$$

A vágánykivetődés *nyúlmagassága* a függőleges illetve vízszintes kivetődésnél :

$$f_v = 4,18 \sqrt{\frac{n \cdot I_h}{F}} \quad \text{cm} \quad f_h = 2,88 \sqrt{\frac{n \cdot I_v}{F}} \quad \text{cm}$$

A vágánykivetődés *hullámhossza* a függőleges illetve vízszintes kivetődésnél :

$$l_v = 13,92 \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot I_h}{P_{0v}}} \quad \text{cm} \quad l_h = 19,18 \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot I_v}{P_{0h}}} \quad \text{cm}$$

A fenti Miscsenko-féle képletekben :

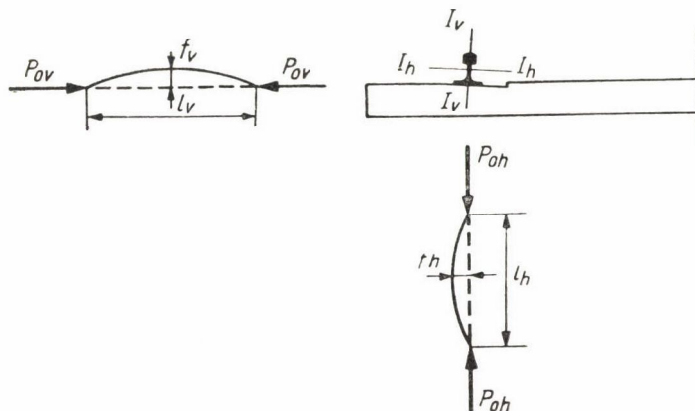
F = a sín keresztmetszeti területe, cm^2

I_h és I_v = a sínszelvény tehetetlenségi nyomatékai, a vízszintes, ill. függőleges súlyponttengelyre vonatkoztatva, cm^4

g = a vágány súlya, kg/cm

q = a vágány oldallellenállása kg/cm

n = a kivetődéssel kapcsolatos tényező, amely a hullámhossztól függ



8. ábra. Függőleges és vízszintes síkú vágánykivetődés

4. Fektetési, fenntartási és gazdaságossági kérdések

Az elméletek alapján a hézag nélküli vágányokat az alábbi háromféle megoldásmód szerint építhetik meg :

a) Az összehegesztett hosszúsínek leerősítése teljesen laza, a sínmezők végein szabványos hevederes sínillesztésekkel. A sínek szabad dilatálása teljes mértékben biztosítva van.

b) Az összehegesztett hosszúsínek leerősítése erőteljes (szorítólemez, kettősen rugalmas sínleerősítés), a sínek csak gátoltan tudnak terjeszkedni és pedig úgy, hogy a hosszúsín középső szakasza mozdulatlan és állandó feszültségű, végein lélegző szakaszok vannak. A vágánymezők végei dilatációs szerkezetekkel illeszkednek.

c) Az összehegesztett hosszúsínek leerősítése az előző rendszerrel azonos, azonban a sín teljes hosszában feszültség alatt áll, a sínszalak végein szabványos hevederes sínillesztések vannak.

Az a) megoldást a Szovjetunió vasutain próbálták ki, a b) megoldást többek között a francia és magyar vasutak alkalmazzák, míg a német és csehszlovák vasutak eddigi hézag nélküli pályáikat a c) módszer szerint fektették.

A hézag nélküli vágányok biztonságos kialakításának elsőrendű feltételei közé tartozik az, hogy a sínek összehegesztése megbízható módon és könnyen végezhető legyen. Az ismert és gyakorlatban alkalmazott hegesztésmódok a következők :

- a) Villamos ellenálláshegesztés
- b) Thermithegesztés
- c) Villamos ívfényhegesztés
- d) Lánghegesztés
- e) Gáznyomásos hegesztés

A kutatás során részletesen foglalkoztunk az egyes hegesztési eljárásokkal s azoknak alkalmazhatóságával a vasúti sínhegesztések kapcsán. E részletkérdésekkel itt most nem foglalkozom.

A *hosszúsínek előállítás*a a különböző vasutak eljárásait összegezve az alábbiak szerint történhetik :

1. *Műhelyben*, villamos ellenállásos vagy gáznyomásos hegesztési eljárással. Ebben az esetben a többszáz méter hosszú sínszalak kiszállítása a munkahelyre különleges járművekből összeállított szerelvényeken történik.

2. Részben *műhelyben*, villamos ellenállásos vagy gáznyomásos hegesztési eljárással, részben a *pályán* thermit- vagy villamos ívfényhegesztéssel.

3. *Pályán*, thermit- vagy villamos ívfényhegesztéssel.

4. *Pályán*, mozgó villamos ellenállásos, vagy gáznyomásos hegesztési eljárással.

Általában a vasutak igyekeznek a lehető legjobban kihasználni a villamos ellenálláshegesztő berendezések kapacitását, minthogy ez a hegesztésmód igen olcsó és megbízható. E kérdés természetesen a szállítható sínhosszakkal függ szorosan össze. De ugyanakkor sok esetben érdemes kihasználni a vágányban történő thermit hegesztés rugalmasabb alkalmazhatóságának előnyeit, vagy a két eljárás kombinációját, minthogy ilyen módszerrel könnyen lehet előállítani előregyártott vágányelemeket futószalagszerű munkával, megfelelő műszaki felügyelet alatt tartható szerelőállomáson. A helyszínen, a villamos ellenálláshegesztéssel, illetve thermit hegesztéssel előállított sínekből így előregyártott vágányelemeket azután gépi úton fektetik le és végleges hosszukra thermit hegesztéssel a pályában hegesztik azokat tovább.

A hézag nélküli vágány üzemközbeni feszültségváltozásaira tekintettel fontos az alábbi *biztonsági feltételek* betartása :

1. A síneket az aljakhoz kifogástalan módon úgy kell leerősíteni, hogy a sínek hosszirányú *elmozdulási lehetősége* ki legyen zárva.

2. Meg kell akadályozni a *vágány vándorlását* és oldalirányú elmozdulását az aljak közeinek és végeinek ágyazati anyaggal való feltöltése útján.

3. A hegesztett síneket a helyi klimatikus viszonyoktól függő maximális és minimális sínhőmérséklet közötti átlaghőmérséklethez közelálló hőmérsékleten kell az aljakra *fektetni*, illetve véglegesen *leerősíteni*.

4. Az aljak olyan minőségűek legyenek, hogy a sínek élettartamán belül ne legyen szükség nagyobb méretű *aljcsere*re, mert az ágyazat megbontása súlyosan veszélyezteti a hézag nélküli pálya biztonságát.

5. A *sínacél* kifogástalan minőségű legyen, ez az eredményes hegesztés alapfeltétele. Igen lényeges a sín egyéb minőségi feltételeinek pontos betartása is, a későbbi egyes sínek cseréjének elkerülése céljából.

A hézag nélküli vágány stabilitása és biztonsága szempontjából döntő jelentőségű a *semleges hőmérséklet* megállapítása, mellyel a hőmérsékletváltozásból származó feszültségek maximumát szabályozni lehet. Ha a vágányt a maximális hőmérsékletek közéértéke mellett — nálunk $+15\text{C}^\circ$ — fektetjük, a sínfeszültségek a maximálisnak a felére csökkennek. Ha a semleges hőmérsékletet a közéértékről a minimum felé toljuk el, a hidegben keletkező húzó-

feszültségek csökkennek, egyidejűleg azonban felmelegedés esetén a nyomófeszültségek megnövekszenek. A nagy húzófeszültségek alacsony hőmérséklet mellett, téli időben sín- illetve hegesztési varratörésekre vezethetnek, míg a nagy nyomófeszültségek magas hőmérséklet mellett, forró nyári napokon a kivetődés lehetőségének fokozásával veszélyeztetik a biztonságot. A sántörés veszélyét tehát nem csökkenthetjük a kivetődés veszélyének egyidejű növelése nélkül és megfordítva.

A továbbiakban megvizsgáltuk a *pályafenntartás* feladatait a hézag nélküli vágányoknál. A fenntartásnak — az előzőek szerint — télen a sántörési veszélyt, nyáron pedig a kivetődés veszélyét kell csökkentenie, azaz a hossz- és keresztirányú fokozódó erők hatása ellen kell biztosítani a pályát, tehát olyan jelenségekkel kell számolnia, amelyek a klasszikus vágányokban eddig nem fordultak elő. A hézag nélküli vágány végein jelentkező hosszirányú elmozdulás ellen a leerősítő elemek tökéletes meghúzásával, ütközős átmenetnél sávándorlás gátló szerkezetek felszerelésével kell biztosítani az aljra való erőátadást, továbbá hiánytalan szabványos méretű ágyazat kiképzésével és fenntartásával kell az aljak ellenállását biztosítani. Az ágyazati anyagnak az aljakat teljes felületükön körül kell vennie, vasbetonaljak esetén sem szabad a vágánytengelyben üres teret hagyni. Egyes vasutak az aljak végeinél is tömörítik az ágyazatot.

A hézag nélküli vágány középső, mozdulatlan szakaszán a P_t nyomóerő következtében előállható vágánykivetődést a keretmerevség fokozásával kell megelőzni. Ezt a célt szolgálja az aljtávolság csökkentése, nehezebb — vasbeton — aljak alkalmazása, továbbá az az intézkedés, hogy a hézag nélküli vágány csak meghatározott — 500, 700, egyes vasutaknál 800 m-nél is nagyobb — sugarú ívekben szabad fektetni. Meg kell akadályozni, a helyi keretmerevség csökkenést is, illetve helyi feszültségsúcsok kifejlődését a leerősítő elemek állandó feszültségi értékben való tartásával.

Foglalkoztunk a *fenntartási munkáknál megengedhető hőmérsékleti fel-tételekkel*, az esetleges sántöréseknél s azok helyreállításánál követendő eljárással, a fokozott pályafelügyelet kérdéseivel stb.

Az újonnan fektetett vágányok megüledésük első időszakában követelik a gondos fenntartást, irányítást, emelést a legnagyobb mértékben. Ezek a munkák egyformák, akár klasszikus, akár hézag nélküli vágányról van szó, mégis azt találták, hogy e téren a megtakarítás egy 62 kg/fm sínekkel bíró pályán 30%-os volt a hegesztett pályaszakasz javára. Egy 46 kg/fm súlyú sínekkel fektetett pályán, ahol a síneket 1949-ben összehegesztették, azt találták, hogy a sínek összehegesztése a pálya karbantartási költségeit 78%-kal csökkentette.

A klasszikus és hézag nélküli vágány fenntartása közötti különbség a megüledési időszak után jelentkezik szembeutó módon. A klasszikus vágányban gyorsan jelentkezik annak jellemző betegsége, az *illesztések feltűnő süppedése*, fokozódnak a dinamikus hatások a rajtuk áthaladó ütések alakjában. A hiány kiküszöbölése állandó fenntartási munkát igényel. A klasszikus vágánynál a fenntartási munkák 30—50%-a az ütközőkre esik.

A hézag nélküli vágányban teljesen elesik az illesztések fenntartása, hevederesavarok, tyrefondok utánhúzása. A nem lazuló kettősen rugalmas leerősítésnél karbantartási munkára egyáltalán nincs szükség. A süppedések a hézag nélküli vágányban igen hosszúak és csak lassan fejlődnek ki, nincsenek kedvezőtlen befolyással a járművek járására. A hibák kijavítása hosszabb

időközökben történhetik úgy, hogy a folytatólagos javítás helyett elegendő a szórványos javítás is.

Az eddigi külföldi eredmények alapján reálisnak látszik az a megállapítás, hogy a klasszikus vágány szoros értelemben vett *fenntartási költségeinek 60—75 %-a megtakarítható*. A Német Szövetségi Vasutak megállapításai szerint hézag nélküli vágánynál a megtakarítás a fenntartási költségeken 60—70 %. A sínek élettartama 30—60 %-kal növekszik a klasszikus vágányban fekvő sínek élettartamához képest.

5. A hézag nélküli vágányok fektetésének előkészítése és kivitele hazai viszonylatban

A MÁV első hézag nélküli nyílt vonali vágányszakasza 1956. nyarán készült. A hely kiválasztásakor döntő volt az — tekintettel az első próbálkozásra — hogy a kísérleti pályaszakaszt minden zavaró tényező kikapcsolásával, a lehető legnagyobb gondossággal lehessen megépíteni. Ezért választotta a MÁV a Budapest—debreceni fővonalnak *Hajdúszoboszló* és *Ebes* állomások közötti szakaszát, simulva ezen a vonalon a tervbe vett második vágány helyreállítási tervműveletéhez. Ez a kelet-nyugati transzverzális fővonal, erős forgalma mellett, beleesik abba a hőmérsékleti zónába, ahol a nyári felmelegedés, valamint a téli lehűlés a legnagyobb értékeket szokta elérni, tehát kísérleti célra elsősorban megfelel.

A kísérleti szakasz *teljes hossza 5,5 km*, amelyet egy térközblokk szigetelt sínmezője két részre oszt úgy, hogy az első szakasz hossza 3,1 km, a második pedig 2,4 km (l. a 9. ábrát). A két szakasz iránya egyenes, csak az állomási 4,75 m és a nyílt vonali 4,0 m-es vágánytengelytávolságok közötti vágányugratásnál vannak 25 000 m sugarú ellenívek beiktatva.

A legnagyobb lejtő $1,7 \text{ ‰}$. A kísérleti szakaszon az alépítmény már korábban épült, jól megüledett, így alépítményi nehézségek nem merültek fel. Az ágyazati anyag 40/65 mm szemnagyságú bazalt zútottkő, az ágyazat vastagsága 50 cm, két rétegben lehengerelve. A talpfák felített bükk talpfák $16 \cdot 26 \cdot 260$ cm méretekkel. Az ágyazat szélessége a talpfafejeknél 40—40 cm, így a teljes ágyazatszélesség $260 + (2 \cdot 40) = 340$ cm. A talpfaköz egyenesen 60 cm. A sínrendszer 48,3 kg/fm. A sínleerősítés a *Geo. rendszerű szétválasztott szorítólemezes* sínleerősítés. A hosszirányú mozgások felvételére a 3,1 km hosszú és az ehhez csatlakozó 2,4 km hosszú összehegesztett vágányrészek mindkét végén 160 mm nyitású *Csilléry*-féle dilatációs szerkezetek vannak beépítve.

Az elméleti számításokból kiadandó mozdulatlan pályaszakasznak és a lélegző szakaszoknak a találkozásánál, valamint a közbenső helyeken is a pályában az alépítmény koronáján fixoszlopok vannak elhelyezve.

A pályában a sínek villamos ívfényhegesztéseit a ČSD vasút kiküldött szakemberei végezték, saját berendezéseikkel. Ezt a sínhegesztésmódot a ČSD saját vonalain már több hézag nélküli szakaszon alkalmazta. A hegesztésmód: hőkezeléses villamos ívfényhegesztés, amelynél bázikus E—55 elektródát használnak. A MÁV a csehszlovák segítség igénybevételét azért határozta el, mert az 1955—1956. évi csehszlovák tanulmányutakon résztvevők maguk is meggyőződtek a ČSD ilyenirányú felkészültségéről, bejárva azokat a hézag nélküli pályaszakaszokat, amelyeket ilyen módszer szerint hegesztettek össze.

A Csilléry-féle szerkezetek mozgásainak, valamint a sínszálaknak az említett fixoszlopokhoz viszonyított hossz- és keresztirányú elmozdulásainak a bemérését 1956. szeptember hóban kezdtük el. 1957-től kezdve minden hónapban rendszeresen történtek a bemérések. Az egy évi mérési eredményeket grafikusan összeállítva a 9. ábra tünteti fel. Ezek azt igazolják, hogy a 3,1 km, valamint a 2,4 km hosszú szakaszok közepe mozdulatlan, a középtől a végek felé, — de még a mozdulatlan szakaszon belül —, a mérések szerint jelentős (maximum 20 mm-es) hosszirányú mozgás mutatható ki. Ha a fixoszlopok valóban mozdulatlanok lennének, akkor az elméletileg mozdulatlan szakaszon ilyenirányú hosszirányú mozgások nem következhetnek be, mert a lélegző és mozdulatlan szakaszhatárnál végzett mérések eredményei az elméleti szabályosságot mutatják. Fel kell tehát tételezni azt, hogy ülepedés vagy egyéb behatások következtében a mozdulatlan szakaszokon elhelyezett fixoszlopok mozdultak el és nem a vágány. Ebből az következik, hogy a fixoszlopoknak az alépítmény koronáján elhelyezése nem célravezető, hanem az a kívánatos és helyes, hogy a fixoszlopokat a pályatengelytől távolabb, a földmunka mellett mindennemű ülepedéstől, rezgésbehatásoktól mentesen helyezzük el. Ennek alátámasztására egyébként szükséges még a további mérési eredményeket bevárni és azokat is figyelembe venni. A 9. ábrán feldolgoztuk a *francia vasutak* egy 800 m hosszú hézag nélküli szakaszának mért eredményeit is. Jól látható ebből, hogy a mozdulatlan szakaszon — nyilván a fixoszlopok hibátlan volta miatt — valóban nincsenek hosszirányú sínmozgások.

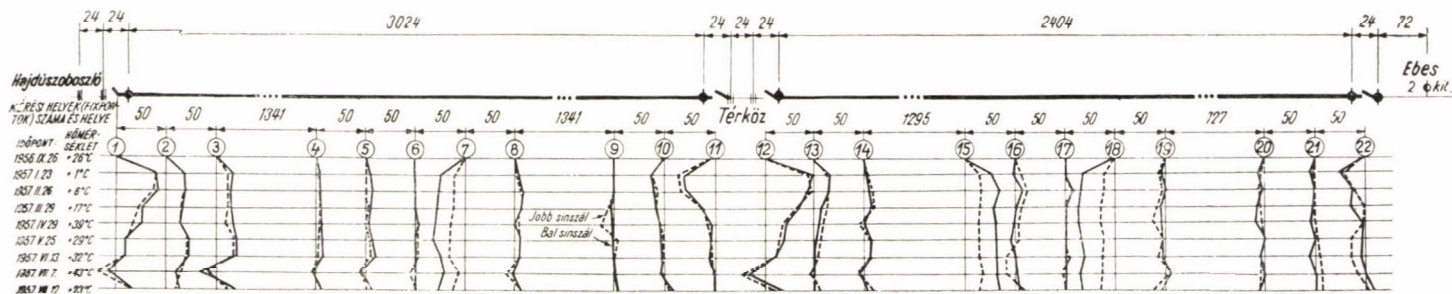
A hazai hézag nélküli kísérleti pályán a beépítéstől számított egy év óta jelentős felszíni, valamint irányhibák nem jelentkeztek és a felépítményen a szokásos fenntartási munkálatok elvégzésére nem volt szükség.

1957. őszén a MÁV elrendelte kísérletképpen a Miskolc—szerencsi fővonalon az 1954-ben épült pályában a 48,3 kg-os sínek összehegesztését Szerencs és Taktaharkány állomások között. Ezen a vonalon a talpfatávolság 77 cm, a sínleerősítés Geo.-rendszerű, az ágyazat 50 cm vastag zúzottkő. A teljes állomásközt 7,8 km hosszban, egy szakaszban hegesztették össze. E szakaszon a hegesztést már a MÁV újonnan létesített hegesztőszerelvénye végezte. Minthogy jelentésünk végleges összeállításakor még a hegesztés folyamatban volt, a vágányt a forgalom számára meg sem nyitották, e szakasz tapasztalatairól e helyen nem számolhatunk be.

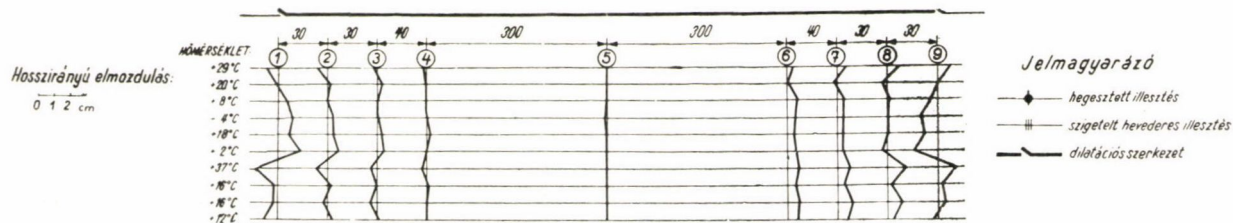
6. Összefoglalás

E tanulmány 4. pontjában foglaltuk össze a hézag nélküli felépítmény háromfajta kialakításmódját, amelyeket a gyakorlatban a külföldi vasutak alkalmaznak. Ezek közül — minden oldalról mérlegelve a kérdést — kétségkívül a b) pontban ismertetett kialakításmód a legelőnyösebb. Ennél az összehegesztett hosszú sínek leerősítése minden aljon kétféle rugalmas sínleerősítés, vagy szétválasztott erős szorítóhatású szorítólemezes sínleerősítés. Ilyen leerősítés mellett az összehegesztett hosszú sínszálak csak gátoltan tudnak terjeszkedni úgy, hogy az összehegesztett hosszú sínszál középső szakasza mozdulatlan, amely számítható állandó feszültség alatt van, a két végén pedig kialakul egy-egy lélegző szakasz, amelynek hossza a tervezés során szintén számítható. A lélegző szakaszok elején elhelyezett dilatációs szerkezet veszi fel a hőmérsékletváltozásból keletkező hosszirányú mozgásokat. A dilatációs

A MÁV Hajdúszoboszló–Ebes állomások közötti hézagnélküli vágánya



Az SNCF Nantes–Clisson állomások közötti hézagnélküli kísérleti szakasza



9. ábra. Hézagnélküli vonalszakaszok hosszirányú mozgásai

szerkezetek az erőjáték kialakulásában nemcsak biztonsági szelepnek tekinthetők, hanem egyben biztosítják a járművek zökkenésmentes áthaladását is. Ily módon az összehegesztett hosszú sínszalak elején és végén is ki vannak küszöbölve azok a káros hatások, amelyek a szabványos hevederes sínillesztések esetén elkerülhetetlenek és amelyekre e tanulmány elején is rámutattam. Rátérve a hézag nélküli felépítmény fontosabb elemeire, azokra az alábbi összefoglaló vélemény adható:

Sínhegesztés

A hézag nélküli vágány helyes és biztonságos kialakításának elsőrendű feltétele az, hogy a sínek összehegesztése minél egyszerűbben, biztonságosan és gazdaságosan legyen elvégezhető. A hegesztésmód helyes megválasztásánál a hegesztési technológia mellett a *vasúti üzem* — elsősorban a vágányra ható dinamikus hatások — *speciális szempontjait messzemenően figyelembe kell venni*. Ily módon az alkalmazható hegesztésmódok közül a legjobb és legbiztonságosabb a *villamos ellenálláshegesztés*. Ez azonban csak műhelyben végezhető, ezért nem jöhet számításba sem a hézag nélküli felépítmény helyszíni fektetésekor, sem meglévő pályákon a sínek utólagos összehegesztése esetén, sem üzemközbeni javítási munkák elvégzésekor, a jelenlegi technikai adottságok mellett. A továbbiakban mind műszaki, mind pedig gazdasági szempontból a *thermit hegesztés* jelölhető meg olyan követendő hegesztésmódnak, amely egyrészt a hézag nélküli felépítmény megépítése, másrészt az üzemközbeni fenntartás során a legelőnyösebben és legbiztonságosabban alkalmazható. A villamos ívfényhegesztéssel végzett hegesztések üzemközbeni tartós viselkedésére nézve megnyugtató, hosszabb időszakokra kiterjedő tapasztalatok nem állnak még rendelkezésünkre.

Sínleerősítés

A sínleerősítésmóddal kapcsolatban ma már tisztázódott, hogy a *kettősen rugalmas sínleerősítés* a legelőnyösebb, mert ennél van a legjobban biztosítva az a követelmény, hogy a sínleerősítés erőteljes, a szorítóhatás tartós és olyan, amelynél a kopások és lazulások csak hosszú idő múlva következnek be. Rezgésállapító tulajdonsága miatt ez a legelőnyösebb, nemcsak a járművek gördülése, hanem főleg a járműveknek és a felépítményi szerkezetelemeknek az élettartama szempontjából is. A kettősen rugalmas sínleerősítésmód mellett szóba jöhet még a szétválasztott szorítólemezes sínleerősítésmód is (4. ábra), de csak abban az esetben, ha olyan kettős, vagy hármas csavarbiztosító gyűrűk állnak rendelkezésre, amelyek a szorítócsavarok kilazulását tartósan meg tudják akadályozni.

Sínhossz

Állást kell foglalni abban a tekintetben is, hogy hazai viszonylatban a rendelkezésre álló lehetőségek és adottságok mellett, milyen legyen a felhasználásra kerülő sínek hossza, vagyis műhelyeinkben a legmegfelelőbb villamos ellenálláshegesztéssel milyen hosszra hegeszték össze a síneket. Ez két tényezőtől függ. Az egyik az, hogy a műhely állandó kapacitás mellett milyen hosszú síneket képes kezelni és tárolni, a másik pedig a sínrakományok szállításának a kérdése. A Hajdúszoboszló—Ebes állomás közötti kísérleti szakaszon $2 \cdot 24 = 48$ m hosszra hegesztették össze a síneket. Ezeknek a síneknek a szerelő állomásra való kiszállítása alkalmával különösebb nehézségek nem

merültek fel, sőt időközben a $MÁV 3 \cdot 24 = 72$ m hosszú sínek előállításának, szállításának és szerelésének a kérdését is megoldotta. Ezen a téren egyes külföldi vasutak már eddig is jelentős eredményeket értek el, amennyiben be vannak rendezkedve több száz méter hosszú síneknek nemcsak műhelyi összehegesztésére, hanem különleges vonatokkal az ilyen hosszú sínrakományoknak a szállítására is.

Aljak

A hézag nélküli felépítmény állékonysága tekintetében igen nagy szerepet játszanak a keresztaljak. Használatos a talpfa és a vasbetonalj. Ez utóbbi feltétlenül az első helyen áll a hézag nélküli felépítménnyel kapcsolatban. A vasbetonaljas vágánynak nagyobb súlya miatt, nagyobb a keretmerevsége is, a 80—90 kg talpfasúllyal szemben a vasbetonalj súlya 200—240 kg. A talpfa élettartama 20—25 év, ezzel szemben a vasbetonaljé legalább a talpfa élettartamának a kétszerese, ha nem háromszorosa. A vasbetonaljas vágány jobban tartja és állandósítja a fekszint, és a pálya irányállapotát, mint a talpfás felépítmény. Ennek következtében a vasbetonaljas vágányokban a fenntartási munkák elvégzésére nagyobb időközökben van szükség, mint a talpfás vágányokban. Legnagyobb előnyként azonban az jelölhető meg, hogy a vasbetonaljas vágányokban nincs szükség az évenkénti aljcsereire, ami a talpfás vágányokban elkerülhetetlen. Nem kell tehát a vágányhoz olyan gyakran hozzányúlni és megbolygatni a vágány egyensúlyi helyzetét, ami jelentős előny, különösképpen a hézag nélküli vágány biztonságossága tekintetében.

Aljtávolság

A hézag nélküli felépítmény helyes kialakításában igen nagy szerepet játszik a célszerűen megválasztott aljtávolság. A *MÁV* helyesen építette meg ebből a szempontból a Hajdúszoboszló—Ebes állomások közötti kísérleti szakaszt, 60 cm talpfatávolsággal. Ez helyes előrelátás volt, nemcsak a hézag nélküli felépítménnyel szemben megkívánt követelmények kielégítése tekintetében, hanem a jövő fejlődés szempontjából is, mert ennek útját a nagy tengelynyomású Diesel-mozdonyok, valamint a sebesség felemelése jelölik ki. A 48,3 kg-os felépítményt 60 cm aljtávolság mellett 26 tonna kocsitengelynyomásra és 22 tonna mozdonytengelynyomásra lehet igénybe venni, ezzel szemben a jelenleg nálunk általánosan előírt 77 cm aljtávolság mellett csak 23 tonna kocsitengelynyomás és 19 tonna mozdonytengelynyomás engedhető meg. Az sem lehet kétséges, hogy 60 cm aljtávolság mellett a vágánynak a keretmerevsége, fekszinének és irányviszonyainak tartóssága számottevően nagyobb, mint a 77 cm aljtávolság esetén. Az építéskor ez ugyan mintegy 22 % többletköltséget jelent, de pár év alatt megtérül a fenntartási kiadások csökkenése folytán, nem is beszélve a műszaki előnyökről és arról a biztonsági többletről, amit a sűrűbb aljkiosztású vágány jelent, mind a vágánykivetődés, mind a téli hidegtörés szempontjából. A legtöbb vasút ezt már régen felismerte, vonalhálózatán 54, 60, 65 cm aljtávolságokat vezetve be, klasszikus, tehát nem hézag nélküli vagy hosszúsínes vágányok esetében is. A *MÁV* e tekintetben az utolsó helyen van 77 cm-es szabványos aljtávolságával. Hézag nélküli felépítménynél az összes külföldi vasutakat figyelembevéve az előforduló legnagyobb aljtávolság 65 cm, ez is csak meglevő régi vágányok utólagos összehegesztése esetén fordul elő.

Ágyazat

A hézag nélküli felépítményben igen fontos szerepe van az ágyazatnak is. A teherátadási és víztelenítési szerepén kívül nagy horderejű az, hogy miként áll ellen és hogyan gátolja azokat a hosszirányú erőhatásokat, amelyek egyrészt a hőmérsékletváltozásokból, másrészt a terhelésből adódnak. A hézag nélküli felépítményben ennek a jelentősége még nagyobb, mint a szokásos sínillesztéses felépítményben. Az eddigi külföldi tapasztalatok szerint a legjobb ágyazati anyag a nagyszilárdságú eruptív és üledékes kőzetből tört 40/65 mm szemnagyságú zúzottkő. A zúzalékos ágyazattal szemben egyes külföldi vasutak tartózkodók, azt hozván fel, hogy a hézag nélküli felépítményben nem kívánatos a fenntartási munkák során a vágányt felemelni a javításra szoruló helyeken, mert ez magában hordja egy esetleges vágánykivetődés veszélyét.

E rövid összefoglalás is bizonyítja, hogy a vasutak korszerűsítésének egyik fontos módja a hézag nélküli pályák létesítése, mely mind a sebességnövelés, mind az önköltségek jelentős csökkenése, mind pedig az utazás kényelme szempontjából rendkívüli jelentőségű.

Elsődrendű népgazdasági és közlekedésfejlesztési érdek tehát, hogy a külföldi példák és az eddigi hazai tapasztalatok nyomán a magyar vasutak is mind szélesebb keretek között teremtsék meg a hézag nélküli pályaszakaszok építésének feltételeit.

IRODALOM

- [1.] BACH, K.: Bauart und Herstellung des Oberbaues. Leipzig, 1954. Fachbuchverlag.
 - [2.] HANKER, R.: Eisenbahnoberbau. Wien, 1952. Springer Verlag.
 - [3.] LINGSCH P.: Felépítményi kísérleti szakaszok a MÁV vonalain. Budapest, 1948. MTI-jegyzet.
 - [4.] NEMESDY-NEMCSEK J.: A hosszúsínes és hézagmentes vágányok elmélete. Budapest, 1934. Doktori értekezés.
 - [5.] POTHOFF, G.: Gleisentwicklungen. Berlin, 1955. Verlag Technik.
 - [6.] RASCH, A.: Leitfaden für den Eisenbahnbau. Köln, 1951. Rudolf Müller-Verlag.
 - [7.] SAHUNJANC, G. M.: Gleis und Gleiswirtschaft. Leipzig, 1953. Fachbuchverlag.
 - [8.] SZEMERE J.: Sínillesztések hegesztése. Budapest, 1952. MTI-jegyzet.
 - [9.] VÁSÁRHELYI B.: Vasúti felépítmény. Budapest, 1953. Közlekedési Kiadó.
 - [10.] HÜTTE : Des Ingenieurs Taschenbuch V/B. kötet. Berlin, 1955. Wilhelm Ernst-Verlag.
 - [11.] Mérnöki Kézikönyv, 2. kötet. Budapest, 1957. Műszaki Könyvkiadó.
- További irodalom a Bundesbahn, Der Eisenbahn Ingenieur, Deutsche Eisenbahntechnik, Eisenbahntechnische Rundschau, Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények, Gudok, Holzschwelle, Railway Age, Revue Générale des Chemins de Fer, Schweizerische Bauzeitung, The Railway Gazette, Transmondia, Welding Journal, Železnični Technika, Zseleznodorozsnüj Transzport c. folyóiratok 1950—1957. évi évfolyamaiban található.*