

## A KORSZERŰ VÁGÁNY OLDALIRÁNYÚ ÁGYAZATI ELLENÁLLÁSA, TEKINTETTEL A STABILITÁS FOKOZÁSÁRA

Ismeretes, hogy a korszerű (hézagnélküli) vágány fekvésbiztonságának elérése céljából fokozott követelmények merülnek fel, a vágány ágyazati kialakítása szempontjából.

Az ágyazat *a*) a vágányt rugalmasan alátámasztó, a járműterheléseket és erőhatásokat elosztó, valamint *b*) a nap hőszugárzó és a járműterhelés hatására a sínszálakban mind oldal, mind hosszirányban keletkező erőhatások elleni ellenállást biztosító szerkezet azáltal, hogy a vágány aljazatai fiókjaiban és homlokléfelületei (bütük) előtt felhalmozva, közel megoszló terhelést biztosít az említett erőkkel szemben. Ezenkívül *c*) feladata az ágyazatnak a csapadék vizek jó elvezetése is.

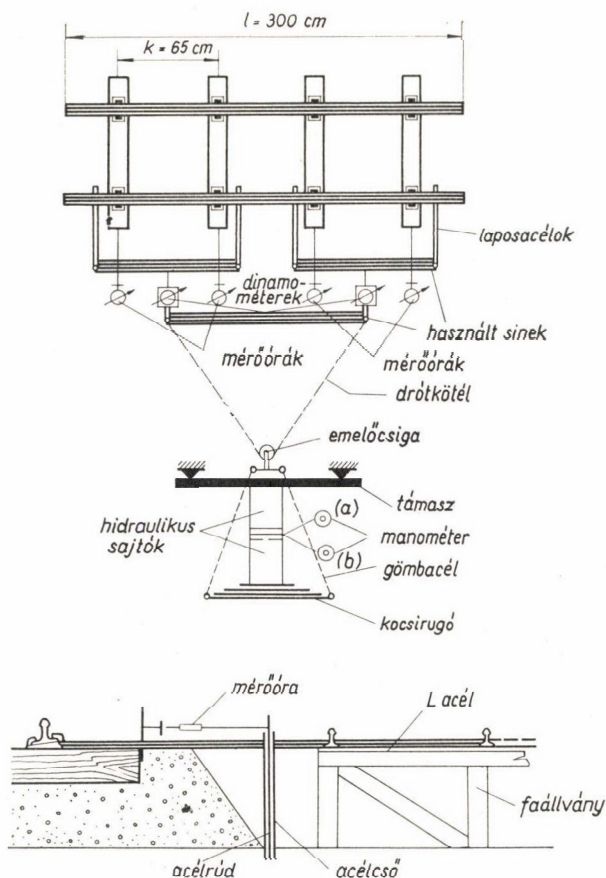
A *b*) pont alatt említett szerepe az ágyazatnak döntő fontosságú. Ennek alátámasztására elég, ha megemlítjük, hogy a vágány keretmerevségéből származó ellenállóképességen kívül, az ágyazati ellenállástól függ a stabilitás biztonsága, a felépítmény terheletlen állapotában. Jellemzésül megemlítjük, hogy azok az erők, amelyek a nap hőszugárzó hatására a hézagnélküli vágány sínszálaiban keletkeznek igen jelentősek, (pl. a hazai viszonylatban várható  $+60\text{ C}^\circ$  sínhőmérsékletet feltételezve 137 tonna) éppen ezért nem közömbös sem az építés után, sem pedig a vágány bizonyos használati idejének elteltével, az ágyazat említett erőkkel szembeni ellenálló képessége. Azt kell mindenképpen biztosítani, hogy az ágyazat a hőigénybevétel és a járműterhelés hatására keletkező változó igénybevételekkel szemben, jelentős ellenállással, illetve rugalmassággal rendelkezzen.

E kérdés biztosításának feltételeit, számos neves kutató vizsgálta és vizsgálja ma is. Az eddig ismert kutatások eredményeiből azonban még mindig nem lehet végleges állásfoglalást alkotni, hiszen a vélemények nem egy kérdésben különböznek. Abban, hogy a vágány oldalirányú ágyazati ellenállásának kérdése a vasúti felépítmény stabilitása szempontjából döntő fontosságú, mindenki egyetért. Nem látunk azonban tiszta képet, hogy ezt miképpen lehet műszakilag leghelyesebben, leggazdaságosabban biztosítani.

Különösen hiányoznak ismereteink az ágyazati anyag és a vágány aljazatai egymásra gyakorolt hatása, az ágyazat tömörítésének szükséges mértéke, szennyeződése, rugalmassága tekintetében. Nem rendelkezünk továbbá kellő ismeretekkel a tekintetben sem, hogy az egyes építési és fenntartási módszerek milyen hatással vannak az oldalirányú ágyazati ellenállás alakulására. Gondolunk itt elsősorban az aljak aláverésének, alázuzalékolásának hatására.

E gondolatokból kiindulva kísérleti munka keretében, a korszerű vasúti pálya oldalirányú ágyazati ellenállást befolyásoló tényezők elemző vizsgálatát tűztük ki feladatunkul.

A vizsgálatok során egy 48,3 kg/fm súlyú,  $k = 65$  cm aljazatosztású talpfás és előfeszített vasbetonaljas kísérleti vágányon több ezer oldalirányú húzatósi kísérletet végeztünk, szabványos (50 cm vastagságú) különféle szemnagyságú ágyazatban (1. ábra).



1. ábra A kísérleti vágány, illetve húzóberendezés elvi elrendezése

Az igen nagyszámú kísérleti adatok értékelését a súrlódási elmélet alapján végeztük el, amelyek eredményeiről az elméleti vizsgálatokat érintve — a lényeges megállapításokra és javaslatokra utalóan — kívánunk ismertetést adni.

### 1. A súrlódási elmélet, mint az ágyazat ellenállás vizsgálatának eszköze

Feladatunk elvégzéséhez szükségesnek tartjuk felsorolni, hogy milyen belső és külső erők terhelik a vágányt oldalirányban és ezekkel szemben milyen tényezők következtében fejt ki ellenállást.



A vágányt oldalirányban:

- a) dilatációs és
- b) dinamikus erők terhelik.

a) A dilatációs terhelés, a nap sugárzó hatásának következtében keletkezik a vágány sínszálaiban. Ez a terhelés a vágány hosszában egyenletesen ható, tehát hosszirányú erőnek fogható fel. Jól megközelítő értéke a

$$P_t = \alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t \quad (1)$$

összefüggés alapján számítható. A jelölések:  $P_t$  = a sín tengelyirányú erővel,  $\alpha$  = a hőtágulási tényezővel,  $E$  = az acélműanyag rugalmassági modulusával,  $F$  = a sínkeresztmetszet területével,  $\Delta t = (t_2 - t_1)$  = a sínhőmérsékletkülönbség értékével.

b) Az az igénybevétel, amelyet a dinamikus terhelés okoz a vágányra horizontálisan, a tengelyterhelésen kívül a járművek mozgási sebességétől is függ.

A sebességtől függő oldalirányú vágányigénybevételt okozzák:

- $\alpha$ ) a jármű kigyózó mozgásából (oldalgyorsulás),
- $\beta$ ) a szélnyomásból,
- $\gamma$ ) a centrifugális erőkől származó hatások.

Ez utóbbit ( $\gamma$ ) csak ívben fekvő vágány esetében kell figyelembe venni. A felsorolt oldalirányú erőhatásokkal szembeni ellenállása a vágánynak:

- c) a sín merevségétől,
- d) a sínleerősítő szerkezetek szorítóhatásától,
- f) az ágyazat oldalirányú ellenállásától függ.

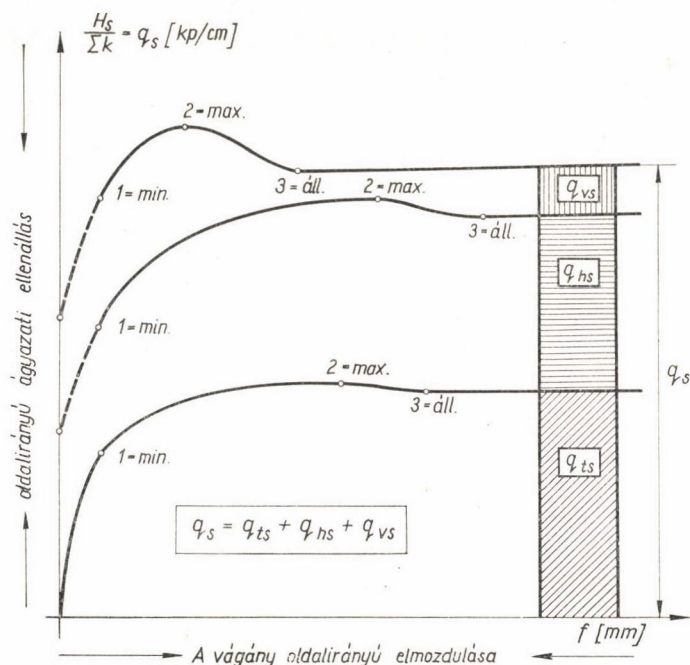
Ezt az együttes hatást ( $c, d, f$ ) nevezhetjük a vágány teljes oldalirányú ellenállásának. E dolgozatban nem kívánjuk a vágány teljes oldalirányú ellenállási feltételeit részletesen elemezni. Feladatunkul csupán az ( $f$ ) oldalirányú ágyazati ellenállás alapos vizsgálatát tűztük ki. A továbbiakban vizsgáljuk meg tehát, hogy milyen tényezők okozzák az említett oldalirányú erőkkel szembeni ellenálló képességét az ágyazatnak.

A súrlódó ellenállás függ:

- g) a járműterheléstől ( $V$ ),
- h) a vágány önsúly terhelésétől (sín, alj, kapcsolószerkezetek súlya) ( $Q$ ),
- i) az aljak kiosztásának távolságától ( $k$ ),
- j) az alj anyagától és méreteitől,
- k) az alj alakjától és felületi kiképzésétől,
- l) az ágyazat anyagától és tömörítésének hatásától,
- m) az ágyazati zúzottkő szemmagyságától és tömegétől,
- n) az ágyazat szennyeződésétől,
- o) a levegő hőmérsékletétől (fagyott állapot).

A  $g$ — $o$  pontokban említett tényezők befolyásának hatása, a vágány oldalirányú ágyazati ellenállás alakulása tekintetében, végeredményben az aljak ágyazaton felfekvő és oldalfelületeire jutó súrlódó ellenállásból, valamint az aljak homloklapfelületeit (bütük) terhelő, zúzottkő passzív, földnyomáshoz

hasonló ellenállásából tevődik össze. A fentiek értelmében tegyük vizsgálat tárgyává a vágány oldalirányú húzatósi kísérletek átlagértékeiből szerkeszthető — az oldalirányú ágyazati ellenállási diagramok jellegére vonatkozó — 2. ábrát. Az ábrán látható jelölések értelmezése a következő:



2. ábra A vágány oldalirányú ágyazati ellenállásának elvi diagramjai

$q_s$  = a beágyazott kísérleti vágány, teljes oldalirányú ágyazati ellenállásával,

$q_{ts}$  = a kísérleti vágány aljazatai talp (felfekvési) felülete, illetve a zúzottkő ágyazati anyag érintkezéséből származó súrlódási ellenállással,

$q_{hs}$  = a kísérleti vágány aljazatai oldal felületei, illetve a zúzottkő ágyazati anyag érintkezéséből származó súrlódási ellenállással,

$q_{vs}$  = a kísérleti vágány aljazatai homlokfelületeire ható, passzív zúzottkő nyomásból származó ágyazati ellenállással.

A 2. ábrán látható, hogy a stabil—labil egyensúlyi határhelyezethez egy

$$H_s = q_s \cdot \Sigma k \quad (2)$$

oldalirányú erő tartozik, amit a diagramokból extrapolálással határozhatunk meg. Ebben az esetben a vágányt függőlegesen terhelő statikus  $V_s$  erő (vágányönsúly és tengelyterhelés) egyensúlyban van azzal a  $H_s$  erővel, amely a vágányt oldalirányban terheli. Ez a tény a statika ismert Coulomb-féle törvények szerinti

$$H_s = V_s \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$



illetve 
$$H_s = V_s \cdot \mu \quad (4)$$

összefüggés alapján áll fenn, ahol

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi \quad (5)$$

a súrlódási tényezőt jelenti.

Az említett ábra diagramjait ( $q_{ts}$ ,  $q_{hs}$ ,  $q_{vs}$ ,  $q_s$ ) tekintve azt látjuk, hogy  $f_{\min}$  elmozdulás után még enyhén emelkedő tendenciát mutatnak, egészen az  $f_{\max}$  elmozdulásig. Ettől a ponttól az említett ellenállási értékek csökkennek, majd  $f_{\text{áll}}$  elmozdulás után állandósulnak.

Véleményünk szerint ennek oka az, hogy amikor a vágány aljazatai elmozdulása bekövetkezik, a  $\tau$  fajlagos nyíróerő, a fajlagos nyírási ellenállás értékét meghaladja. A nyírási ellenállás a további  $\Delta f$  elmozdulások folyamán, az ágyazat tömörödése miatt növekszik. A mozgás folyamata alatt az ágyazati anyag egy minimális tömörségi értéket ér el, amely mintegy magához rendeli a maximális fajlagos nyírási ellenállást, hivatkozott ábránk esetében a  $q_{s \max}$ -ot. Az aljak elmozdulásának további folyamatában az ágyazati anyag fellazulása tapasztalható, minek következtében a nyírófeszültség fokozatosan csökken. Ezután az ágyazat eléri kritikus tömörségi értékét, amely mellett a mozgás fenntartásához szükséges  $H_s$  oldalirányú erő állandósul.

Mint hogy a vágány oldalirányú elmozdulását okozó erőben három jellegzetes értéket különböztetünk meg, ( $H_{s \min}$ ,  $H_{s \max}$ ,  $H_{s \text{áll}}$ ) így véleményünk szerint az oldalirányú ágyazati ellenállást tekintve is mindenkor a  $q_{s \min}$ ,  $q_{s \max}$ ,  $q_{s \text{áll}}$  értékeket kell vizsgálni, illetve meghatározni. Ezek az adatok alkalmasak az ágyazat oldalirányú erőkkel szembeni ellenállóképesség számzerű értékelésére.

A 4. képlet ismeretében a súrlódási ellenállásból származó oldalirányú ágyazati ellenállás elméletileg a

$$q_s = \frac{V_s \cdot \mu}{\Sigma k} = \frac{H_s}{\Sigma k} \quad (6)$$

képlettel számítható, ahol  $k$  a vágány aljazatai kiosztásának távolságát jelenti.

Az ágyazat és a vágány aljazatai súrlódó ellenállása következtében fellépő fajlagos nyíróerő is felírható a

$$\tau = \frac{H_s}{F} \quad (7)$$

összefüggés alapján, ahol az  $F$  az aljak ágyazattal érintkező felületét jelenti.

A fent említett 4, illetve 6 feltételek számításához mindenkor a  $\mu$  súrlódási tényező ismerete szükséges. Ezeknek értékeit beható vágányhuzatási kísérletek alapján lehetett megállapítani az aljazatok ágyazaton felfekvő (talp) és oldalfelületeire.

A vágány ágyazata és aljazatainak talpfelülete közötti súrlódásból származó  $q_{ts}$  oldalirányú ágyazati ellenállásra jellemző  $\mu_{ts}$  súrlódási tényező elvi diagramjait a 3. ábrán szemléltetjük.

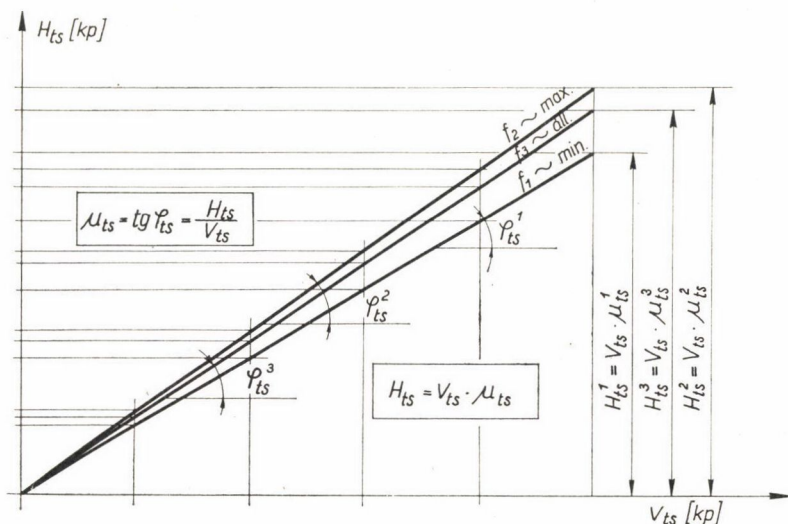
Ugyanígy állapítottuk meg az aljak oldalfelületein ébredő  $q_{hs}$  oldalirányú ágyazati ellenállásra jellemző  $\mu_{hs}$  súrlódási tényező értékeit is.

Ezenkívül meg kellett állapítanunk ugyancsak kísérletek alapján azt az  $E_s$  passzív ágyazati nyomóerő értékét is, amely a  $H_s$  oldalirányú erő fellépésekor, az aljazatok homloklfelületeit (bütük) terheli.

Kísérleteink azt igazolták, hogy a vágány

$$q_s = q_{ts} + q_{hs} + q_{vs} \quad (8)$$

teljes oldalirányú ágyazati ellenállása valóban az ágyazat és a vágány aljzati talp ( $q_{ts}$ ), oldal ( $q_{hs}$ ) súrlódó, illetve az aljak homlokfelületeit terhelő ( $q_{vs}$ ) passzív földnyomáshoz hasonló ellenállásokból tevődik össze.



3. ábra A vágány ágyazata és aljzati között ébredő súrlódási ellenállásra jellemző,  $\mu_{ts}$  súrlódási tényező elvi diagramjai

Az oldalirányú erő, amely a vágányt  $f$  mértékben elmozdíthatja helyéről, a

$$H_s = (V_{ts} \cdot \mu_{ts}) + (H_{hs} + E_s) \delta \quad (9)$$

képlet felhasználásával számítható.

A 9) formula felhasználásával tehát a

$$q_s = \frac{H_s}{\Sigma k} = \frac{(V_{ts} \cdot \mu_{ts}) + (H_{hs} + E_s) \delta}{\Sigma k} \quad (10)$$

teljes oldalirányú ágyazati ellenállás értéke egyértelműen meghatározható.

A 9–10 képletekben szereplő jelölések értelmezése a következő:

$H_s$  = a beágyazott vágány oldalirányú elmozdítását előidéző erővel,

$V_{ts}$  = a vágány önsúly, illetve statikus külső (jármű) terhelésével,

$\mu_{ts}$  = az aljak talpfelületei és az ágyazat közötti súrlódásból származó, súrlódási tényezővel,

$H_{hs}$  = az aljak oldal felületeinél beágyazott vágány oldalirányú elmozdítását előidéző erővel,

$E_s$  = az aljak homlokfelületeinél beágyazott vágány oldalirányú elmozdítását előidéző erővel,



- $\delta$  = az ágyazatnyomás tényezőjével,  
 $\Sigma_k$  = a vizsgált vágány hatásos hosszával,  
 $k$  = az aljak kiosztásának távolságával.

A súrlódási tényező (3. ábra)

$$\mu_{ts} = \operatorname{tg} \varphi_{ts} = \frac{H_{ts}}{V_{ts}} \quad (11)$$

értékével, ahol a  $H_{ts}$  az az oldalirányban ható erő, amely a beágyazatlan vágány  $f$  mértékű elmozdítását idézi elő.

Az aljak oldalfelületei és az ágyazat érintkezéséből származó súrlódási ellenállást legyőző oldalirányú erő

$$H_{hs} = H_x - H_{ts} \quad (12)$$

értékével, ahol a  $H_x$  az aljak fiókjaiban beágyazott, homlokfelületeinél szabadon hagyott vágány oldalirányú elmozdítását előidéző erőt jelenti.

Mindezek alapján az

$$E_s = H_s - H_x \quad (13)$$

a vágányt terhelő — már ismert — erők különbségével.

$$\delta = \frac{H'_{hs} + E'_s \text{ tömörített}}{H_{hs} + E_s \text{ tömörítetlen}} \quad (14)$$

értéke nem más, mint az ágyazat tömörségét (különbféle ágyazattömörítést) kifejező tényező, ahol a  $H'_{hs} + E'_s$  illetve  $H_{hs} + E_s$  a vágány aljazatai oldal, illetve homlokfelületeire ható ágyazatnyomások együttes értékét jelenti.

## 2. A vágány oldalirányú ágyazati ellenállási vizsgálatok eredményeiről általában

Az 1. részben szereplő összefüggésekből megállapítható, hogy a  $q_{ts}$  talpsúrlódási ellenállás értékét az aljak anyaga, talpfelületeinek kiképzése, az ágyazati zúzottkő anyaga és szemnagysága, illetve a vágány önsúlya és függőleges terhelésnek (járműterhelés) nagysága határozza meg. A külső terhelés növekedésével tehát a  $q_{ts}$  talpsúrlódási ellenállás is arányosan növekszik.

A vágány aljazatai oldalfelületein ébredő — ugyancsak súrlódás jellegű —  $q_{hs}$  oldalirányú ágyazati ellenállás alakulásában az ágyazati anyag tömörségének (az aljak fiókjaiban az ágyazat tömörítése) van döntő szerepe. A  $q_{hs}$  értékét természetesen az aljak anyaga, oldalfelületeinek megmunkálási viszonyai (síma, érdes), továbbá a zúzottkő szemszerkezete, minősége is befolyásolja. Elméleti és kísérleti megállapításaink szerint a  $q_{hs}$  oldalirányú ágyazati ellenállás értéke a vágány függőleges terhelésétől (járműterheléstől) nem függ.

A vágány aljazatai homlokfelületein ébredő  $q_{vs}$  oldalirányú ágyazati ellenállás jellegét tekintve passzív földnyomáshoz hasonló ellenállásnak tekinthető. A  $q_{vs}$  ellenállás értéke mint ilyen, a függőlegesen ható terheléstől szintén független.

A Z 40/65 mm szemnagyságú különféleképpen tömörített zúzottkő ágyazatban fekvő, új építésű kézi erővel alávert,  $k = 65$  cm kiosztású előfeszí-

tett vasbetonaljas és talpfás terheletlen vágány (csak önsúly terhelés) oldalirányú ágyazati ellenállási értékeit részletezve az 1. táblázat tünteti fel.

1. táblázat

Előfeszített vasbetonaljas, illetve talpfás új építésű vágány oldalirányú ágyazati ellenállási értékeinek megoszlása, Z 40/65 mm szemnagyságú különféle tömörségű zúzottkő ágyazat esetében

Ágyazat tömörítés jellege	Előfeszített vb. alj				Talpfá (bükffa)			
	$q_{ts}$	$q_{hs}$	$q_{vs}$	$q_s$	$q_{ts}$	$q_{hs}$	$q_{vs}$	$q_s$
	kp/cm				kp/cm			
Tömörítetlen (bevillázott)		2,03	0,29	5,64		2,13	0,31	4,29
Kézi úton egy rétegben (aljfiókokban és aljak előtt)	3,32	2,30	0,41	6,03	1,85	2,44	0,44	4,73
Kézi úton két rétegben (aljfiókokban és aljak előtt)		2,73	0,47	6,52		2,83	0,59	5,27
Gépi úton (aljfiókokban és aljak előtt)		3,04	0,60	6,96		3,20	0,73	5,78

Megjegyezzük, hogy az 1. táblázat adatai a legkisebb kezdeti  $f_1$  vágány-elmozdulásokhoz tartozó ágyazati ellenállási értékeket tükrözik. A vágány további oldalirányú mozgása következtében ugyanis  $f_2$ -höz:  $q_{s \max}$ , illetve  $f_3$ -hoz:  $q_s$  állandósult — tehát tovább növekvő — ágyazatellenállások tartoznak. Ez utóbbiak kisebb jelentőséggel bírnak, mivel az  $f_1$  elmozdulás mellett az ágyazat — eltekintve a tömörítés nélkülötől — rugalmas ellenállással rendelkezik.

Az 1. táblázat számértékeit vizsgálva az ellenállások megoszlása — a  $q_s$  teljes ágyazati ellenállást 100%-nak véve — a 2. táblázatban foglaltak szerint alakul.

2. táblázat

A  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás %-os megoszlása

Ágyazat tömörítés jellege	Előfeszített vb. alj			Talpfá (bükffa)		
	$q_s = 100\%$			$q_s = 100\%$		
	$q_{ts}$	$q_{hs}$	$q_{vs}$	$q_{ts}$	$q_{hs}$	$q_{vs}$
	%			%		
Tömörítetlen	58	37	5	43	49	8
Kézi úton egy rétegben	55	38	7	39	51	10
Kézi úton két rétegben	51	41	8	35	53	12
Gépi úton	47	43	10	31	55	14

Az a tény, hogy a  $q_{hs}$  aljak oldalfelületeire jutó ágyazati ellenállás — talpfás felépítménynél — eléri, sőt meg is haladja a  $q_{ts}$  aljak talpfelületére (ágyazaton felfekvő felület) adódó ellenállás hasonló értékeit, ez az ágyazati anyag különféle tömörítése, illetve az alj oldalfelületek (vasbetonalj és talpfá) kialakításának különbözősége miatt következik be. Elősegíti a  $q_{hs}$  értékek emelkedé-



sét az is, hogy a talpfák rostjaiba a zúzottkőszemcsék bevágódnak. Ez a vasbetonaljaknál nem lehetséges.

A tömörítéssel elérhető, hogy a vágány  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállásának hatása, az alábbiak szerint fokozódjék, a tömörítetlen ágyazat hasonló adataihoz viszonyítva:

*Előfeszített vasbetonaljas vágánynál:*

egyrétegű kézi tömörítés mellett	8%
kétrétegű kézi tömörítés mellett	16%
gépi úton tömörítés esetében	24%

*Talpfás vágánynál:*

egyrétegű kézi tömörítés mellett	12%
kétrétegű kézi tömörítés mellett	22%
gépi úton tömörítés esetében	30%

Ezekből az adatokból az látszik, hogy az ágyazat tömörítésének igen jelentős szerepe van a vágány stabilitása szempontjából.

### 3. A rezgéshatások befolyása, a vágány oldalirányú ágyazati ellenállása szempontjából

A vágány  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállásának alakulását megvizsgáltuk a járművek futása következtében keletkező rezgések hatására. A rezgéseket a kísérleti vágányon 950 kp önsúlyú, 6 Mp. dinamikus erőhatást kifejtő, vibrációs hengerrel idéztük elő.

Azt tapasztaltuk, hogy a rezgéshatást kifejtő jármű (esetünkben a vibrációs henger) önsúlyának 45%-ában maradt hatásos, az aljak talpfelületére jutó  $q_{ts}$  talpsúrlódási ágyazati ellenállás fokozásához.

Ez egyben azt is jelenti, hogy a rezgéseket keltő jármű önsúlyának 55%-a emésztődik fel az ágyazat és a vágány rezgésbe hozott állapota miatt, a felépítmény oldalirányú igénybevétele során.

Mindezekből azt lehet megállapítani, hogy a helyes technológiával épített, illetve az üzemeltetés során jól fenntartott (fekszinttartó) vágány  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállásának csökkenése a járművek mozgásából származó rezgéshatások következtében nem történik meg. Hangsúlyozni kell különös nyomatékkal az aljak talpfelületére jutó  $q_{ts}$  ágyazati ellenállás biztosításának fontosságát. Ennek elengedhetetlen feltétele az ágyazat aljak alatti és közötti (aljfiókok) összefüggő egyenletes tömörsége, vaksüppedés és vízszák mentesség, kisebb vágányhosszakban a függőleges és vízszintes fekszintváltozások elkerülése.

Amennyiben ezek a feltételek nincsenek biztosítva, előfordulhat, hogy a vonat futása közben nagymértékben rezonanciába hozott — a nap sugárzó hatása által tetemes szintengelyirányú nyomóerővel terhelt, a fektetésekor nem kielégítően feszültségmentesített vágány — kivetődése bekövetkezhet.

Ez a gondos utasítást betartó építésre és fenntartásra hívja fel a figyelmet, melyet mindenképpen meg kell követelni.

#### 4. Az ágyazati zúzottkő szemnagyságának befolyása, a vágány oldalirányú ágyazati ellenállásának alakulására

Vágányhuzatási kísérleteinkből megállapítottuk, hogy a zúzottkő szemnagysága jelentős mértékben befolyásolja a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállásának alakulását.

Azt tapasztaltuk, hogy a hazai szabványaink szerinti zúzottkő anyagok, illetve azok egy részének 1:1 arányú keverése folytán V. kategória állapítható meg, az említett ellenállás fokozásának kifejezéséül. Ezek a következők:

- I Z 25/65 és Z 25/40 mm, 1:1 arányban kevert,
- II Z 40/65 és Z 25/40 mm, 1:1 arányban kevert,
- III Z 25/65 mm,
- IV Z 40/65 mm,
- V Z 25/40 mm szemnagyságú zúzottkő ágyazati anyag.

A felsorolt zúzottkő szemnagyságok melletti,  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállások értékeit vizsgálva — a Z 40/65 mm szemszerkezetű szabványos zúzottkőanyag ellenállási értékeit 100%-nak véve — a 3. táblázatban foglalt %-os ellenállás változások történtek.

A 3. táblázat adatait tekintve egyértelműen megállapítható, hogy a Z 25/65 és Z 25/40 mm szemnagyságú zúzottkő 1 : 1 arányú keverése esetén, mind előfeszített vasbetonaljas, mind talpfás vágánynál, 20%-os teljes oldalirányú ágyazatellenállás növekedés érhető el.

#### 3. táblázat

A zúzottkő szemnagyság növelő, illetve csökkentő hatása a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás alakulására

Alj neve	Zúzottkő szemnagysága	$q_s$ min átlaga
	mm	%
Előfeszített vasbeton Fa (bük)	Z 40/65	100
	Z 40/65	100
Előfeszített vasbeton Fa (bük)	Z25/65 és Z25/40, 1 : 1 keverésű	120
	Z25/65 és Z25/40, 1 : 1 keverésű	120
Előfeszített vasbeton Fa (bük)	Z40/65 és Z25/40, 1 : 1 keverésű	116
	Z40/65 és Z25/40, 1 : 1 keverésű	116
Előfeszített vasbeton Fa (bük)	Z25/65	114
	Z25/65	113
Előfeszített vasbeton Fa (bük)	Z25/40	90
	Z25/40	88

Ugyancsak növeli a  $q_s$  értékét 16%-ban a Z 40/65 és Z 25/40, 1 : 1 arányban kevert frakciójú zúzottkő is. E %-os növekedéstől nem nagymértékben, mintegy 2—3%-ban marad el, a Z 25/65 mm szemnagyságú zúzottkő felhasználás mellett,  $q_s$  ágyazati ellenállás értéke.

Mindezek mellett az is látható a táblázatból, hogy Z 25/40 mm-es szemnagyságú zúzottkő használata esetén, 10—12%-os  $q_s$  ellenállás csökkenéssel



kell számolni. Ebből az következik, hogy ilyen zúzottkővet a vasútépítésnél és fenntartásnál, felhasználni nem kívánatos.

A fentiekből azt lehet megállapítani, hogy a 65 mm-es zúzottkő anyaghoz — a jelenleg használatos 40 mm-esnél — feltétlenül kisebb szemnagyság adagolása szükséges. Ennek legalkalmasabb mérete 25 és 35 mm között van. Hazai viszonylatban az építésnél és fenntartásnál legalkalmasabbnak a Z 30/65, illetve Z 25/55 mm-es szemnagyságú zúzottkő látszik. Amennyiben ezt huzamosabb ideig nem lehetne megvalósítani, átmenetileg az I. kategóriába sorolt zúzottkő keverék felhasználását ajánljuk.

### 5. Az alázúzalékolás hatása, a vágány oldalirányú ágyazati ellenállásának alakulására

Az alázúzalékolással történő vágány fenntartási módszert tekintve — amely sok gondot okozó kérdés a külföldi vasutaknál is — megállapítottuk, hogy közvetlenül a fenntartási munka befejeztével a 4. táblázatban foglaltak szerint csökken, különféle zúzalékanyagok felhasználása mellett átmenetileg, a  $q_s$  talpsúrlódási, illetve  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás értéke.

4. táblázat

Előfeszített vasbetonaljas és talpfás vágány  $q_{ts}$  aljak talpfelületére jutó, illetve  $q_s$  teljes oldalirányú ellenállásának csökkenése az alázúzalékolás következtében

Alázúzalékolás az alj alatt	Zuzalék szem-szerkezet	Előfeszített vb. alj		Talpfá (bükkfá)	
		$q_{ts}$ csökkenés	$q_s$ csökkenés	$q_{ts}$ csökkenés	$q_s$ csökkenés
cm	mm	% -ban			
40—40 = 80	Z 10—25	23	13	24	8,3
az alj teljes hosszában	Z 10—25	28	14,6	28	10
40—40 = 80	Z 5—15	30	15,3	31	11,3
az alj teljes hosszában	Z 5—15	36	18,6	36	13

Hazai és külföldi adatok szerint az tapasztalható, hogy ezek az ágyazati ellenállás csökkenések igen rövid ideig léteznek, mivel a járműterhelések néhány nap alatt megszüntetik azokat.

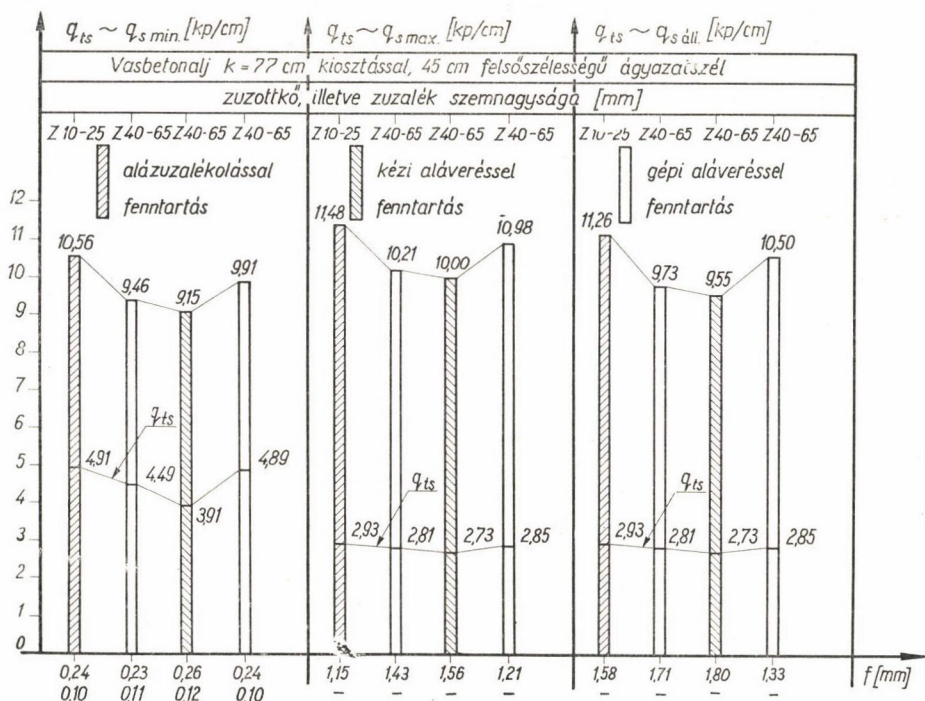
#### A) Üzem alatt levő vágány oldalirányú ágyazati ellenállása

A folyamatos üzem alatt álló korosabb vágányok ágyazati ellenállásának vizsgálata során valóban azt állapítottuk meg, hogy a járműigénybevétel nagymértékben növeli a  $q_{ts}$  talpsúrlódási ellenállását (4—5. ábra).

Különösen jók az alázúzalékolással fenntartott vágányok említett értékei — 33% (vasbeton), 58% (talpfá) — szemben a kézi aláveréssel elérhető 6, illetve vibrációs aláverő géppel fenntartott 25%-os értékekkel. Ebből az látszik, hogy

alázúzálékoláskor az aljak alá bekerülő tiszta zúzálékanyag — a vágány üzemi igénybevétele során — hatékonyabban segíti elő a  $q_{ts}$  talpsúrlódási ellenállási értékek fokozódását, mint az aláveréses fenntartás, mely során a megüledett zúzottkő gerendákat minden esetben meg kell bontani.

A közölt %-os értékek az új vágány hasonló adatainak összehasonlítása alapján adódtak (1. táblázat).



4. ábra A folyamatosan üzemeltetett Z 40/65 mm szemnagyságú zúzottkő ágyazatban fekvő alázúzálékolással és aláveréssel fekszintszabályozott vasbetonaljas vágány, oldalirányú ágyazati ellenállás értékei

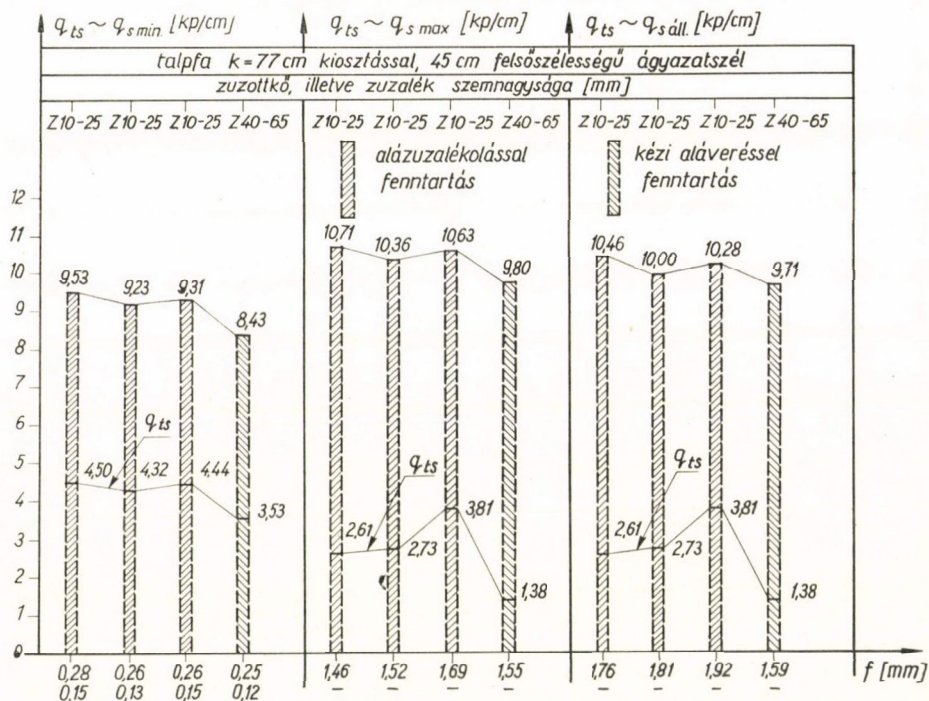
A talpsúrlódási  $q_{ts}$  ellenállás növekedések végeredményben mint láttuk, a  $q_s$  teljes ágyazati ellenállás növekedésében jutnak kifejezésre. A  $q_s$  ellenállás növekedés vizsgálataink szerint pl. a vágány 3—5 éves üzemi használata után, az új vágányokra megállapított hasonló ellenállási értékeknek kétszeresét is elérheti.

Az is megállapítást nyert, hogy az üzemi igénybevételek hatására az új vasbetonaljas és talpfás vágányok közötti,  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás különbség kiküszöbölődik. A talpfás vágány tehát közel eléri a vasbetonaljas vágány  $q_s$  ellenállását. Ennek oka, hogy a zúzottkő a terhelések hatására belevágódik a fa rostjaiba.



B) Az aláverés és alázúzalékolás hatása, a vágány fekszinttartóságára

Az aláveréssel és alázúzalékolással fenntartott vágány fekszinttartóságát tekintve az volt tapasztalható, hogy az alázúzalékolással történő fenntartásánál a terhelés rezgés hatásai következtében az aljak (előfeszített vasbeton és talpfa) 61—65, illetve 59—63%-kal kisebb, maradó fekszintváltozása

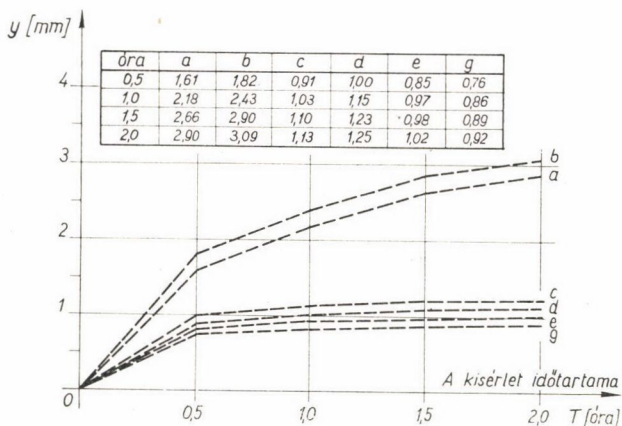
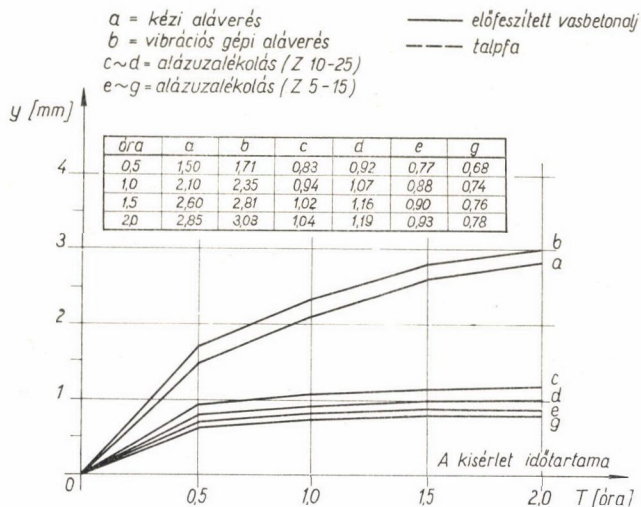


5. ábra A folyamatosan üzemeltetett Z 40/65 mm szemnagyságú zúzottkő ágyzatban fekvő alázúzalékolással és aláveréssel fekszintszabályozott talpfás vágány, oldalirányú ágyazatellenállás értékei

(besüllyedése) következik be, mint a kézi úton aláveréssel fenntartott aljagnál (6. ábra).

Meglepő, hogy legrosszabb vágányfekszint a vibrációs gépi aláverés eredményezte. Ennek oka, hogy az aláveréssel történő fenntartáskor, meg kell bontani a megüledett zúzottkőgerendát. Ekkor az ágyzatnak mindig egy tömörebb, illetve kevésbé tömörített része képződik. A járművek dinamikus hatására a tömörségbeli különbség fokozatosan megszűnik, amikor is a vágány aljzatainak újabb süppedése, illetve fekszintjének romlása következik be.

Ez a jelenség sajnos az új vágányépítésnél is fennáll — az aláverés rovására —, mivel a jól tömörített ágyazatpárnát bontják meg az aljak aláverésekor.



6. ábra A Z 40/65 mm szemmagyságú ágyzatban fekvő vágány aláverés, illetve alázuzalékolás utáni fekszintváltozása a dinamikus igénybevételek hatására

### C) Az ágyzat szennyeződésének hatása, a vágány oldalirányú ágyazati ellenállására

Vizsgálva az ágyzat szennyeződésének hatását azt tapasztaltuk, hogy esős, nedves időben az üzemkőzben nagymértékben megnövekedett száraz állapotú,  $q_{1s}$  és  $q_{hs}$  (aljak talp és oldalfelületeire jutó) oldalirányú ágyazati ellenállás igen jelentős csökkenése következik be. Ugyancsak csökken az aljak homlokfelületére jutó  $q_{os}$  ellenállás értéke is.

Megállapítottuk, hogy a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás csökkenés, pl. egy 40%-ban (súlyszázalék) homokos-agyag és szénalak ágyazatszennyeződés mellett, vasbetonajlás vágánynál 46, talpfásnál pedig 47%-ra tehető. Ugyanez az érték agyag és szénalak szennyeződés mellett 59, illetve



63%-ra adódik. Mindezek következtében már alig biztosított az a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás, amely újonnan épült vágányok esetében nyerhető.

A kísérletekből az volt látható, hogy 40—50%-os szennyeződésnél már nem a zúzottkő, hanem a szennyező anyag domináló, az ágyazati ellenállás értékének alakulására. Ez a telítettség zúzalék használatánál, 20—25%-os szennyeződés mellett következik be. A kisebb szemszerkezet miatt azonban a szennyeződést befogadó képesség kisebb, mint a nagy szemszerkezetű (Z 40/65 mm) zúzottkőnél. Ez a tény előnyösen befolyásolja, a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás alakulását, zúzalékolás esetén.

Kitűnt vizsgálatainkból, hogy a teljesen tiszta ágyazatú vágány  $q_s$  ellenállása, nagy esőzések idején 13—20%-kal magasabb értékre adódik. Ennek oka a csapadék hatására megváltozott zúzottkőanyag belső súrlódási viszonyának alakulásában kereshető.

Mindezekből az következik, hogy 20%-os (súlyszázalék) szennyeződés után, részleges ágyazattisztítás látszik szükségesnek. Ez az aljak előtti és az aljfiókokban levő zúzottkőanyagra vonatkozik. Ezt a munkát kis hosszúságokban nem célszerű végezteni.

Az ágyazat 40%-os szennyeződését, a szennyezettség felső fokának kell tekinteni, (100%-os szennyeződés) amikor teljes vastagságában kell gondoskodni az ágyazat tisztításáról, az értéktelenné vált zúzottkő anyag egyidejű pótlásával.

Az 5. fejezet és A, B, C részeinek áttekintése alapján az tapasztalható, hogy az alázúzalékolásos fenntartási módszernek igen sok előnye van. Ezek alkalmassá teszik arra, — nem is említve a gazdaságosság kérdését — hogy úgy a vasbeton, mint a talpfás hézag nélküli vágányaink fenntartási módszereként bevezessék.

Ugyancsak ajánlatos új vágányok építésénél, a jól tömörített (vibrációs tömörítés) ágyazatpárnán elhelyezhető zúzalékszalagokra fektetni a sínmezőket. Majd a végleges hézagmentesítés után a járművek hatásától megülepedett vágányt újabb zúzalékolással kiemelni, illetve az egyenlőtlen süppedéseket megszüntetni.

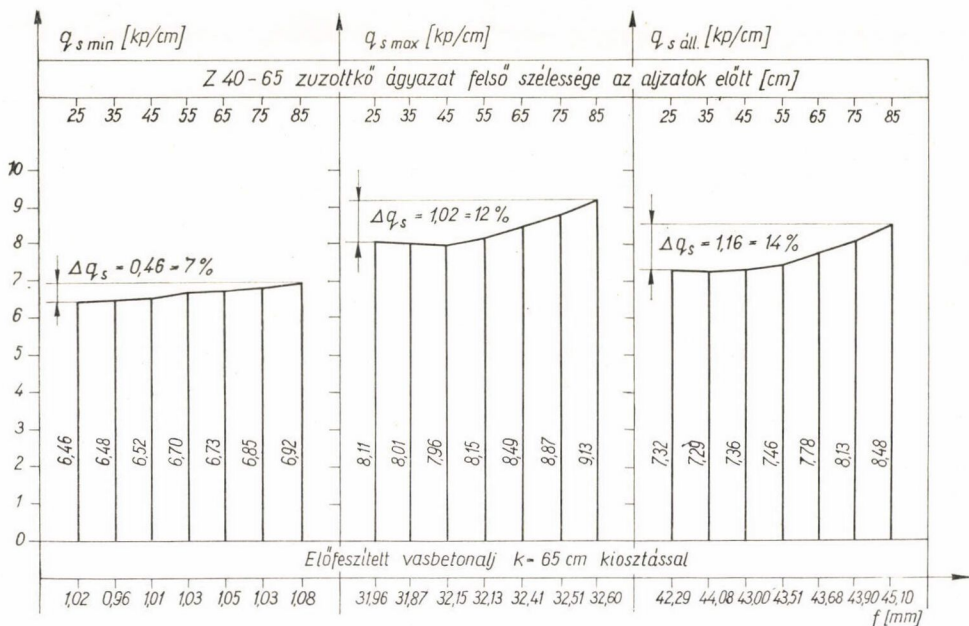
## 6. Az ágyazat és az alj alakjának hatása, az ágyazati ellenállás alakulására

Kísérleteink azt eredményezték, hogy (7—8. ábra):

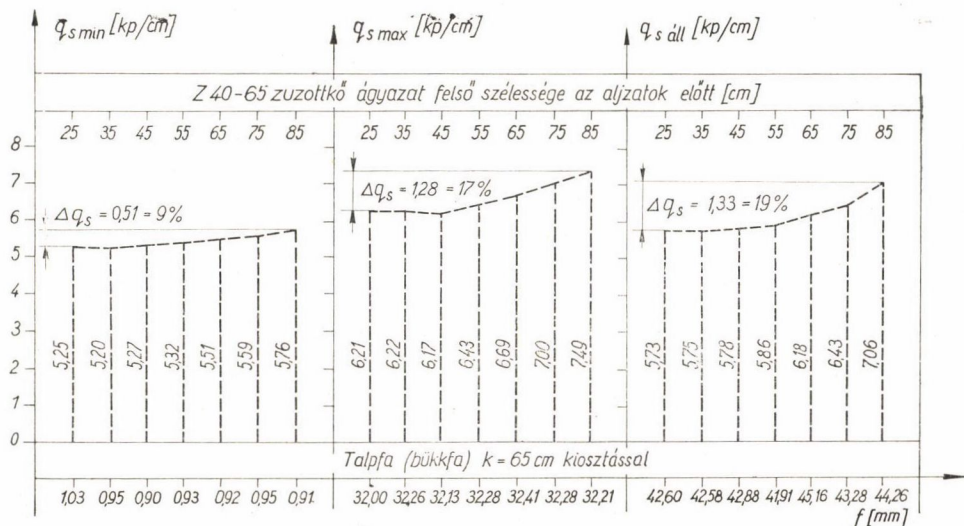
a) a 25—85 cm-ig történő aljak előtti ágyazat felső szélesség növelése hatásosan, előfeszített vasbetonaljak mellett 7, talpfák esetében pedig 9%-kal növeli, a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás értékét. Az összehasonlítás a 25 cm-es felső ágyazatszél mellett kapott ellenállások adataihoz történt.

Ennek okát keresve azt láttuk, hogy az aljak előtti ágyazattömeg igénybevétele  $\alpha_1 = 45^\circ$ -os határolt területen következik be. Ez azt jelenti, hogy a vágány 10 cm-es oldalirányú elmozdulása során a  $q_{vs}$  aljak homlokfelületére jutó ágyazati ellenállást növelő képesség hatásvonala 30 cm-nél van (9. ábra).

b) A 45 cm felsőszélességű ágyazat, aljak előtti 1:5 arányú felpúpozása, illetve ennek az aránynak megfelelően az aljak fiókjában mellőzése az ágyazati anyagnak, 18—25%-kal rontja a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállást, a szabványos kialakítású ágyazatban fekvő vágány hasonló értékeihez viszonyítva.



7. ábra A Z 40/65 mm szemmagyságú alj magasságában két rétegben tömörített ágyazatban fekvő előfeszített vasbetonaljas vágány, teljes oldalirányú ágyazati ellenállása, az ágyazat felső szélességének növelése mellett



8. ábra A Z 40/65 mm szemmagyságú alj magasságában két rétegben tömörített ágyazatban fekvő előfeszített talpfás vágány, teljes oldalirányú ágyazati ellenállása, az ágyazat felső szélességének növelése mellett

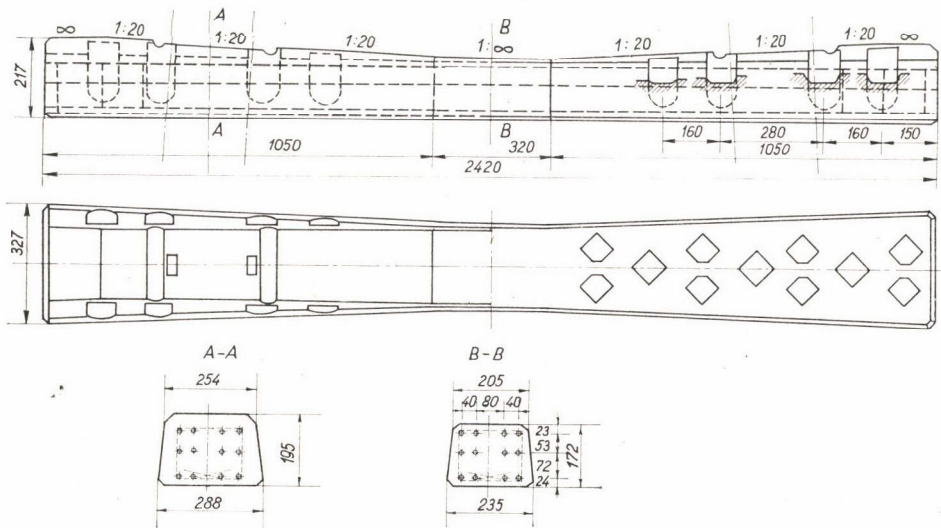




vasbetonalj összfelülete, (oldal és homloklfelületek) 21,6%-kal növekedett, a „T” típusú jelenleg használatos alj összfelületéhez viszonyítva.

Azt tapasztaltuk, hogy a síma oldal és talpfelületekkel kialakított kettős legyező alakú vasbetonaljakkal, az ágyazat tömörítetlen állapotában átlagosan 22,06%-kal, mintázott oldal és talpfelületekkel rendelkező aljknál pedig 34,16%-kal lehet növelni a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás értékét, a „T” típusú aljak mellett nyerhető ágyazatellenállási értékekkel szemben.

A teljes oldalirányú ágyazati ellenállás az aljak magasságában két rétegben tömörített ágyazat mellett, síma talp és oldalfelületű kettős legyező alakú aljak esetében mintegy 24,4%-kal, illetve mintázott talp és oldalfelületek mellett 35,63%-kal növekszik.



10. ábra Kettős legyező alakú vasbetonalj mintázott talp és oldalfelületekkel

Ez a nagymértékű  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás növekedés egyértelműen azt bizonyítja, hogy a 10. ábrán látható kettős legyező alakú előfeszített vasbetonaljak, megnövelt és mintázott talp és oldalfelületek melletti kivitelezésével, illetve gyártásával foglalkozni kell. Csak egy ilyen aljtípus elégítheti ki a korszerű nagysebességű pálya fekvésbiztonságának követelményeit.

e) Az ágyazati zúzottkő szemmagyság javasolt változtatása, az ágyazat felületi gépi tömörítésének megvalósítása (aljak előtt és fiókokban), illetve az aljak alakjának átformálása esetén, az egyenesben fekvő vágányoknál az ágyazat felső szélességét az aljak előtt a jelenleg szabványos 40–45 cm-ről, 35 cm-re lehetec csökkenteni. Az  $R = 600$  m-nél kisebb ívekben fekvő vágányoknál a ágyazati ellenállást az aljak előtt, 1:5 arányú ágyazat felpúpozással szükséges fokozni. Hiányos ágyazatot az aljak fiókjaiban megtűrni nem szabad.



## 7. Az ágyazat rugalmas ellenállása

Az ágyazat rugalmas ellenállása a vágány irányhiba mentes helyzetét befolyásoló tényezőnek tekinthető.

Vizsgálataink alapján azt tapasztaltuk, hogy a tömörítetlen (bevillázott) ágyazati zúzottkő, teljesen rugalmatlan. Ezzel szemben pl. a gépi úton felületileg tömörített ágyazat, 1,4 mm nagyságrendű rugalmas ellenállással bír. Ez azt jelenti, hogy a kísérleti vágány 1,4 mm-es kihajlását (alj elmozdulások) okozó  $H_s$  oldalirányú erő megszűntével, visszatolódott rugalmasan eredeti helyzetébe.

Ebből következik, hogy a vágány ágyazatának aljak előtti és fiókjaiban történő tömörítése, az ágyazati ellenállás nagymértékű fokozása mellett, hozzájárul a felépítmény alakváltozás nélküli (irányhibamentes) fekvésének biztonságához is.

Megállapítható tehát, hogy az ágyazat tömörítését elsősorban nem a  $q_s$  teljes oldalirányú ágyazati ellenállás növelésére való törekvés indokolja. Ezt a célt — mint láttuk — az ágyazati anyag szemszerkezetének megváltoztatásával, az aljak alakjának újabb kialakításával stb. is el lehet érni. Vizsgálataink azt bizonyítják, hogy az ágyazat tömörítését elsősorban az ágyazat rugalmas ellenállásának biztosítása a zúzottkő térfogatsúlyának növelése, illetve a teljes ágyazatvastagság összefüggő tömörítettségének szükségessége indokolja, a pálya teljes hosszában.

Éppen ezért az ágyazat felületi tömörítését vibrációs gépek felhasználásával szükséges biztosítani az aljak előtt és azok fiókjaiban egyaránt. E célra megfelelő vibrációs gépeket kell szerkeszteni, illetve beszerezni. A gépi tömörítés megvalósításáig kézi úton célszerű az ágyazatot az aljak magasságában kétrétegben tömöríteni. Amennyiben az ágyazatszél tömörítése már a Bigmann-féle géppel történik, úgy csak az aljfiókokban levő ágyazati anyag kétrétegű tömörítése szükséges.

Az ágyazattömörtség egyenletességét a pálya hosszában és az ágyazat vastagságában, izotópos mérőműszerekkel szükséges megállapítani.

## IRODALOM

*Nagy József*: A vágány oldalirányú ágyazati ellenállását befolyásoló tényezők vizsgálata, tekintettel a hézag nélküli felépítmény fekvésbiztonságára. (Kézirat) Bp. 1963.