

MÓDSZER FELTÁRÁS NÉLKÜLI CSŐBÉLELÉS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA

METHOD TO CHECK THE APPLICABILITY OF NO-DIG PIPE INSERTS

Dr. Lovas László*, Dr. Égető Csaba**

ABSTRACT

Changing a pipe system in the soil is a complicated job. Either all the pipes have to be removed from the soil or a new pipe can be guided inside the existing ones. To judge the second possibility, the measurement of the existing pipe is needed. Then, it must be evaluated where to remove the pipe portion from the soil and where to just pull in a new into the old. This paper deals with algorithms allowing to differentiate the pipe portions, and to decide where to open the pipe system.

1. BEVEZETÉS

A talajban futó csővezetékek az infrastruktúra fontos részei. Folyamatos karbantartásuk, fejlesztésük elsőrendű feladat. A csövek a talaj mozgása, a szállított közeg hatása, illetve saját anyaguk fáradása miatt időközönként cserére szorulnak. A csővezeték cseréje általában jelentős földmunkákkal járó, költséges folyamat, különösen városi környezetben.

A költségek csökkentésére több módszert dolgoztak ki [1]. A közös ezekben, hogy a csővezeték belsejében, földmunkát minimálisan igényelve végezhetők. A három fő módszer a cső pneumatikus bélelése, a cső spirálcsöves bélelése, illetve kisebb keresztmetszetű csővezeték elemek behúzása a meglévő rendszerbe.

Pneumatikus bélelés esetén rugalmas műanyag csövet juttatnak be a régi cső belsejébe, majd felfújják, a meglévő csőfalra tapasztják és kikeményítik.

A spirálcsöves bélelést nagy átmérőjű csövek esetén használják. A cső a spirálvarrott acélcsövekhez hasonlóan speciális profilszalag felcsévévelésével jön létre. Az acélcső hegesztési varrata helyett a műanyag profilszalag alakzáró kötással pattan össze. Ha a régi cső nem kör keresztmetszetű, akkor speciális gyantával töltik ki a spirálcső és a régi cső közötti térfogatot. Így az új cső mechanikailag teherbíró lesz.

Kisebb keresztmetszetű csővezeték behúzása esetén egymással gömbfejes tokkal összekötött csőszakaszokból álló vonat kerül behúzásra a meglévő régebbi csőszakaszba.

2. MÓDSZER

Csővezeték behúzása esetén először vezetőkábelt húznak végig a bélelendő csőszakaszon. Ez után adott átmérőjű és hosszúságú elemekből csővonatot állítanak össze, amelyet adott ponttól kezdve behúznak a meglévő rendszer belsejébe. A kezdőpont olyan pont, amely esetén a cső adott hosszban fel van tárva, azaz ki van bontva a földből. A csővonat a béléscső külső átmérőjére erősített görgőkön gurul a régi cső belsejében. Egy béléscsövet két ponton támasztanak meg görgőkkel. Ennek okán a béléscsövek korlátozott módon el tudnak fordulni a régi cső pillanatnyi helyzetéhez képest. Erre szükség is van, mert a béléscsövek mérete és a régi cső mérete (átmérő és hossz) jellemzően nem egyezik. A görgős megtámasztás miatt a béléscső tengelye jó közelítéssel a régi cső tengelyvonalán mozog.



1. ábra: Csővonat behúzás előkészítése

A módszer előnye, hogy kevés földmunka kell hozzá. Hátránya, hogy a meglévő csővezeték geometriáját nagyon pontosan kell ismerni. A csővonat elemei korlátozott szögben képesek elfordulni egymáshoz képest, így előre el kell tudni dönteni, mely vezeték részek alkalmasak adott csővonat behúzására, és mely részeket kell kibontani a földből a béleléshez.

Ehhez első lépésben fel kell mérni a meglévő csőszakaszt. A csőszakaszt először alkalmassá teszik a belső felmérésre, például leürítik, továbbá ott, ahol erre lehetőség nyílik, átszellőztetik, stb. Ilyen környezet veszélyes munkatérnek és ezáltal az ott végzett munka

* egyetemi docens, Budapesti Műszaki Egyetem, Vasúti Járművek és Járműrendszeranalízis Tanszék

** egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

beszállásos munkavégzésnek minősül. Legtöbb esetben számítani kell veszélyes gázokra, mikroorganizmusokra. Ennek megfelelően szigorú munkavédelmi előírások betartásával, külső biztosítás mellett kell/lehet elvégezni a felmérést.



2. ábra: Egy csőszakasz keresztaszvénynék mérése

A csőszakasz elemekből épül fel. A felmérés során minden csőelem elején és végén – egy-egy keresztaszvénynben - minimum 8 db belső paláspont 3D helyzetét határozzuk meg egy, a teljes felméréndő területre érvényes egységes koordinátarendszerben (lásd 2. ábra).

A mérések feldolgozásakor minden szelvénynben kiszámítjuk a mért keresztaszvénynben a részletpontokra illeszkedő regressziós kör sugarát és koordinátáit, valamint megadjuk az egyes keresztaszvénynyek szelvényszámát is (1. táblázat).

Ezzel létrejön az az adatsor, ami a további munka alapja.

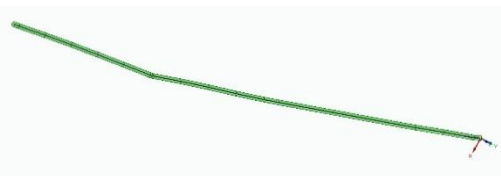
1. táblázat Mérési adatok

M1 - a mért keresztaszvénynzetekben a vízvezeték tengelypontjai					
Szelvényn	keresztaszvényn-ben csőtengely koordináták			Belső sugár [m]	keresztaszvényn-ben Folyásfenék mag. [m B.f.]
	Y_{EOV} [m]	X_{EOV} [m]	M_{Balk} [m]		
0+000.00	656266.658	237578.533	117.363		
0+001.26	656265.493	237578.990	117.233	0.377	116.857
0+001.44	656265.317	237579.038	117.237	0.408	116.829
0+001.83	656264.946	237579.143	117.240	0.409	116.831
0+001.97	656264.811	237579.179	117.238	0.407	116.831
0+007.37	656259.602	237580.635	117.221	0.409	116.812
0+007.50	656259.483	237580.669	117.221	0.406	116.816
0+012.89	656254.309	237582.198	117.205	0.408	116.797
0+013.03	656254.178	237582.236	117.200	0.410	116.791
0+017.03	656250.342	237583.342	117.016	0.411	116.605

2.1 A cső modellezése

A csővezeték behúzás előkészítéséhez modellt kell készíteni a felmért vezetékéről. A valós vezeték helyzetét a talaj mozgása és a vezeték öregedése egyaránt befolyásolja. A modellezés első lépése a vezeték tengelyének kiszámítása, amelyet a szelvénynenként meghatározott kiegyenlítő körök középpontjainak vonallánca. A tengelypontok tört vonalat alkotnak a térben.

A tengelypontok megléte után két úton indulhatunk el a modellezéssel. Az egyik lehetséges eset az, hogy CAD szoftverben 3D modellezéssel felépítjük az egyes vezeték elemekből a valós vezetékaszakaszt (3. ábra). Ennek a szakasznak a tengelye mentén lépésről lépésre beküldjük a beléscsövet. Az egyes beléscső helyzeteket megvizsgálva közvetlenül látható, hogy a beléscső befér a meglévő keresztaszvénynzetbe, vagy nem. Vizsgálható az is, hogy az egyes beléscső pozíciók között a szögeltérés lehetővé teszi a beléscső behúzást, vagy sem. Ezeket a megengedett szögeltéréseket az adott nyomáshoz megadja a gyártó. Fontos részlet a behúzendő betétsőre vonatkozóan az, hogy a betétső külső átmérője – szemben a belső átmérőjével – nem állandó a tokos kapcsolat miatt. A toknál az egyes csőelemek külső átmérője kiszélesedik, hogy a következő elemet fogadni tudja és így tovább. Ez a fajta modellezés lassú, munkaigényes, mind a felépítés, mind az eredmény kinyerés tekintetében.



3. ábra: Csőszakasz CAD modellje

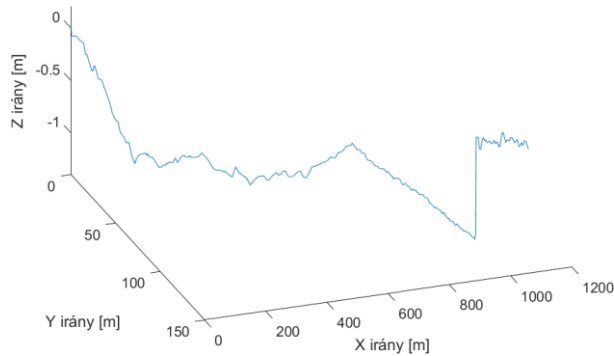


4. ábra: Csőszakasz és behúzott betétső CAD modellje

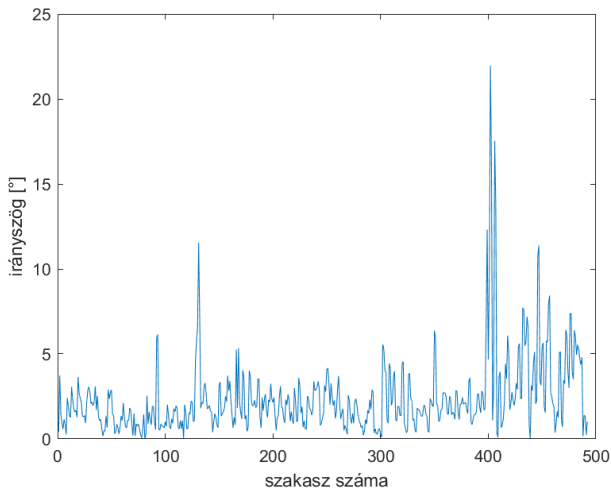
A 3. ábra mutatja, hogy hogy néz ki a talajban fekvő felmért csőszakasz. A 4. ábra mutatja, hogy a lépésről lépésre behúzott betétső nem fér el az eredeti csőben. Ezen felül az is látszik, hogy a relatív csőhelyzetek szögének kinyerése hosszadalmas munkát igényel.

A fentiek alapján szükséges egy olyan algoritmus kifejlesztése, amely hosszadalmas CAD modellezés nélkül adja a szükséges adatokat. Az algoritmust Matlab környezetben, mesterséges intelligencia segítségével készítettük el.

A behúzatóság vizsgálatához a kiindulási alapot a meglévő vezetéken végzett fent leírt geometriai mérések és azokból levezetett tengelypont koordináták, valamint csőátmérő adatok szolgáltatják. (3. ábra). Egy mért szakasz középvonala az 5. ábrán látható.



5. ábra: Cső középvonala



6. ábra: Csőszakaszok iránytörése

Vizsgálni lehet a mért szakasz-hosszakat, valamint az iránytöréseket az egyes elemek között (6. ábra). A következő lépés az alkalmazandó betétcső paramétereinek vizsgálata. A behúzó betétcsővek külső átmérője kisebb, mint a meglévő cső belső átmérője, figyelemmel a korábban tett kiegészítésre a tokos kialakítás miatt. Ez a különbség megbízótól függően kb. 50 mm-től 100 mm feletti értékig változhat. A behúzó csővonalat egyes elemei adott szögtartományban képesek elfordulni egymáshoz képest. A behúzó csővonalat egyes elemeinek hossza és az elemek között megengedett maximális elfordulási szög egyértelműen megmondja, hogy az adott mért szakaszon a behúzás lehetséges-e.

A 6. ábrából látszik, hogy a 90-110, 120-140 és 400-420 elemek közötti csőszakaszoknál a törésszög miatt biztos fel kell tártani a talajt.

A valós folyamat modellezésére a következő matematikai modell szolgál. Tekintsünk két, egymáshoz rögzített betétcsövet, amelyek végpontjaikkal a mért cső

középvonalán haladnak. A csőközépvonal tört vonal, ezért megesik, hogy iránytöréskor a végpontok közötti betétcső rész elhagyja a középvonalat. Az egyenes szakaszokon és iránytöréseken egyaránt jó vizsgálati módszer, hogy a betétcső szakasz lehetséges végpontjait gömbfelület írja le. A gömbfelület középpontja a csuklópont a két betétcső között. A gömbfelület középpontját a tört vonalon végig mozgatva a felület és a vonal metszéspontjai kiadják az adott cső végpontokat. A végpontot vizsgáló egyenlet az alábbi:

$$|\vec{r}_0 - \vec{r}_i| - r_{\text{gömb}} < \varepsilon \quad (1)$$

Itt $\vec{r}_0$ a vizsgáló helyzet irányvektora a csőhossz adott pontjában, $\vec{r}_i$ a csőhosszon végigfutó pont irányvektora, $r_{\text{gömb}}$ pedig a vizsgáló gömb sugara. Ez a sugár értelemszerűen a betétcső hosszával egyenlő. Az ε érték elméletileg nulla, a gyakorlatban pedig egy megfelelően kis érték ahhoz, hogy az algoritmus sikeresen lefusson.

A cső középvonal elején egyetlen gömbsugárral kezdjük a vizsgálatot, majd ahogy tovább lépünk a középvonal mentén, és a második betétcső is bevonódik, két sugár kapunk. A két sugár, azaz a behúzó csővonal két eleme között az iránytörés korlátos értékig megengedett, ezért ezt is figyelembe kell venni. Az iránytörés szögét az alábbi egyenlet mutatja:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{|\vec{r}_{\text{sugár1}} \cdot \vec{r}_{\text{sugár2}}|}{|\vec{r}_{\text{sugár1}}| \cdot |\vec{r}_{\text{sugár2}}|} \right) \quad (2)$$

További egyszerűsítés a modellben, hogy a betétcső mozgást leképező sugarak egy vizsgálócsőben futnak. Ennek a csőnek az átmérője a betétcső külső átmérőjének és az eredeti cső átmérőjének a különbsége, ez a rendelkezésre álló szabad hely. Ismert, hogy az eredeti cső mérete a talajban pontról pontra változik, és idővel jellemzően kicsit növekedik. Ezt a változást a modell figyelmen kívül hagyja, és az eredeti névleges csőmérettel számol. Ezzel a biztonságot felé tévedünk a behúzás szempontjából.

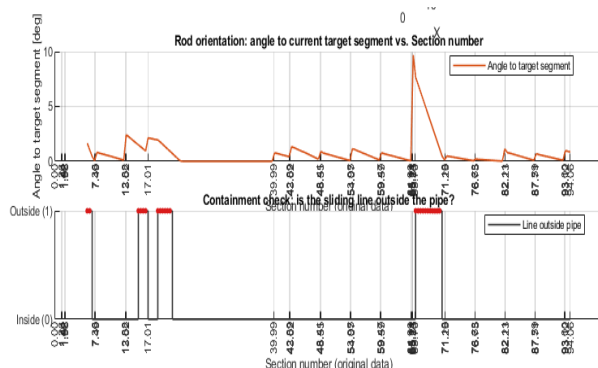
2.2 Az algoritmus változatok

A folyamathoz kétféle algoritmust készítettünk. Az egyik esetben a CAD modellezéshez hasonlóan a csővonalat az eredeti cső középvonalán halad. Ez konzervatívabb becslést ad, és megfelelő első közelítésnek. Az eredményeket a 7. ábra mutatja.

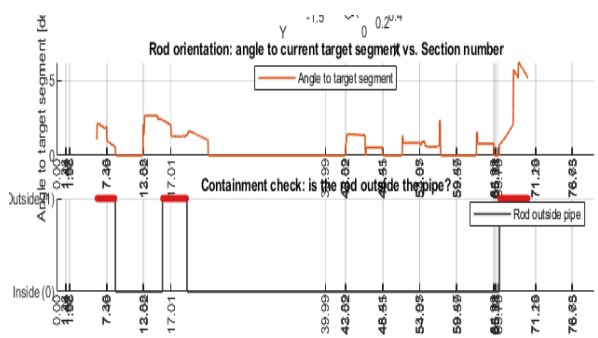
Itt a felső ábra mutatja az irányszög változást az 1. ábrán mutatott csőszakasz esetén. Jól látszik, hogy a 63-71 m közötti hossztartományban nagy az iránytörés, biztos bontani kell a talajt. Az alsó ábra azt mutatja, hány helyen lép ki a betétcső a mozgás során az eredeti cső kontúrjából. Itt négy szakasz látszik.

A másik algoritmus azt mutatja, amikor a csővonalat az eredeti cső alján csúszik befele. Ez az aktuális valós

helyzet. Ez egy olcsóbb módszer, ezt azokban az esetekben szokták alkalmazni, ahol várhatóan az eredeti cső belső átmérője és a betétcső külső átmérője között – jellemzően a tokos kiképzésre a tok átmérője a legnagyobb - nagyon kevés hely marad (pl. néhány cm!) Az eredményeket a 8. ábra mutatja.



7. ábra: Eredmény a cső középvonalán futó csővonal esetén



8. ábra: Eredmény a cső alján futó csővonal esetén

A kétféle algoritmust összehasonlítva jól látszik, hogy a cső alján futó csővonal nagyobb szabadsággal, kisebb iránytöréssel fut: kisebb az iránytörés csúcsértéke. Az is látszik, hogy az eltérő algoritmus miatt megakad a 70, méter körül, és nem megy tovább. Eltérés még, hogy kevesebb az eredeti csőből kibújás mértéke. További eltérés, hogy a cső alján mozgás a több variációs lehetőség miatt sokkal lassabban, mintegy kétszer annyi idő alatt fut le.

3. A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA HASZNÁLATÁNAK TAPASZTALATAI

A mesterséges intelligencia (AI) napjainkban rohamosan fejlődik. Szövegszerkesztésben, szövegalkotásban és elemzésben már megbízható, jó alapot ad a további munkához. A mostani programozási feladatból az látszik, hogy adott programnyelvben adott feladatot is rendben meg tud oldani. Az alkalmazás sajátossága, hogy szövegesen kell megadni neki azt, hogy mit szeretnénk, majd folyamatosan, iteratív módon lehet bővíteni az egyes funkciókat. Az AI képes arra, hogy a kész kódot

megadott adatokkal leteszteli, és szükség esetén javítja. Ha több megoldás lehetséges, felajánlja a választási lehetőségeket és várja a felhasználó döntését.

Ugyanakkor a mesterséges intelligencia nem tervezhető időt igényel a gondolkodásra. Ez az időszak néha meghaladja az adott munkafolyamatra szánt időegységet, így az AI folyamatos felügyeletre, interakcióra szorul. Az adott kódokat mintegy két hét alatt sikerült elkészíttetni. Ebből az idő nagy része az algoritmus programozása és hibajavítása volt. A felhasználói interfész és annak kezelése nagyon gyorsan és jó minőségben készült el.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk egy talajban elhelyezett csőszakasz felújításának lehetőségét vizsgálta betétcső behúzás módszerével. Ehhez először mérésre kerültek az eredeti csőszakasz valós koordinátái. Ez után két algoritmus változatot készült a behúzott csővonal mozgásának vizsgálatára. A cső középvonalán futó betétcső számítása gyors. A cső fenekén futó betétcső számítása lassú, azonban nagyobb mozgásszabadsággal rendelkezik. A magyarországi csővezeték hálózat állapotát ismerve a szoftverrel jelentős költség megtakarítás érhető el, hiszen a szükséges minimumra csökkenthető a jelentős talajmunkával járó csőszakasz feltárás.

5. SUMMARY

The paper deals with the overhaul of a pipeline section in the ground using the liner insertion method. Firstly, the actual coordinates of the original pipe section were measured. Then, two algorithm variants were developed to analyze the movement of the inserted pipe train. Calculating the liner running along the centerline of the pipe is quick.. Calculating the liner running along the bottom of the pipe is slow, but it allows for greater freedom of movement. Given the condition of the pipeline network in Hungary, the software can yield significant cost savings, as it allows the excavation of pipe sections involving substantial earthwork to be reduced to the absolute minimum.

6. NYILATKOZAT

A cikkben említett programkódok mesterséges intelligencia segítségével készültek.

7. IRODALOM

- [1] Dr. Égető Csaba: Ivóvíz főnyomóvezeték geometriai felmérése belülről. Konferencia előadás, 18. Műszaki Térinformatikai Konferencia, 2024. <https://gita.hu/e2024/>