



MJ2 mérés – Csővezetékek anyagjellemzőinek számítása

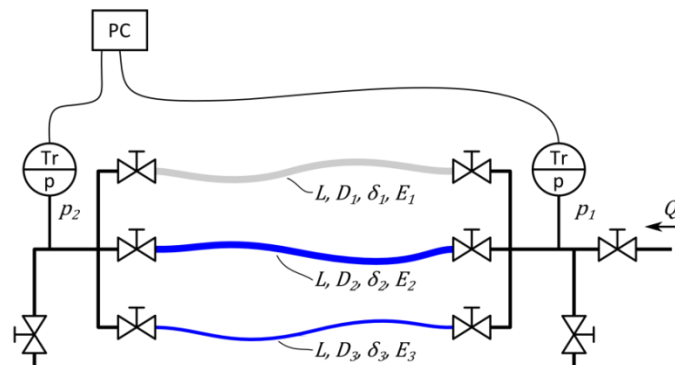
Keresztkorreláció alkalmazása

1. Mérés célja

A mérés célja különböző csővezetékek esetén meghatározni a hullámterjedési sebességet, a redukált és a csőfalra jellemző rugalmassági modulust.

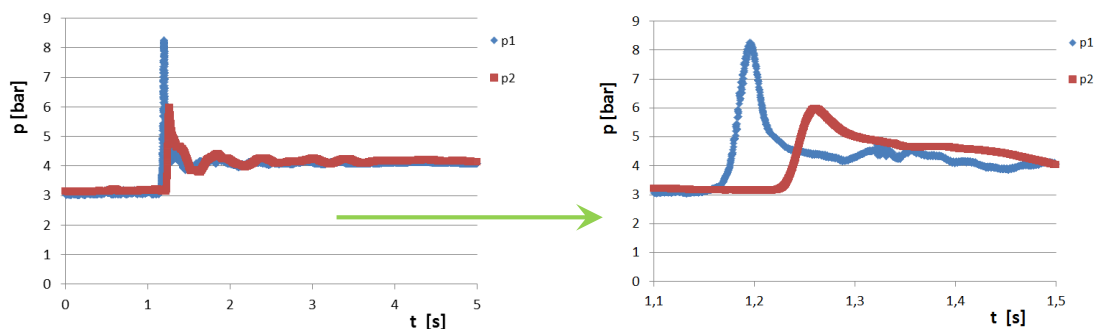
2. Mérés leírása

A mérési összeállításban a három, párhuzamosan elhelyezkedő csővezeték (impulzusvezeték) hálózati víz táplálja. A berendezés vázlatát az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra: A mérőberendezés vázlatja

A vezetékek elején és végén is van egy-egy nyomástávadó, ezekről kapott $p_1(t)$ és $p_2(t)$ jelet 5 kHz-es mintavételezési frekvenciával mérjük. Az impulzusvezetékek elején és végén lévő csapokat a méréshez kinyitjuk, a másik két vezeték csapjai zárt állapotban maradnak. A vízvezeték felőli oldalági elfolyás hirtelen zárásával nyomásnövekedést idézünk elő az impulzusvezeték elején. Ez a nyomásnövekedés végigterjed az impulzusvezetéken. Regisztráljuk és tároljuk a $p_1(t)$ és $p_2(t)$ jelet. Ezt a mérést még kétszer megismételjük, majd ugyanígy megmérjük a másik két impulzusvezeték is. Minden hallgatói csoport megkap kilenc $p_1(t)$ és $p_2(t)$ jelet. Keresztkorrelációs függvény segítségével meghatározandó a két jel időbeli eltolódása, a t^* . Az időkéés ismeretében meghatározandó minden vezetékre a hullámterjedési sebesség, $a=L/t^*$, (és mivel minden csőre három mérési adat lesz, azok átlagát kell majd számolni).



2. ábra: A keresztkorrelációhoz szükséges időjel tartomány kiválasztása



3. Mérés kiértékelése

Az időkésés keresztkorrelációs függvény segítségével történő meghatározásának lépései a következők:

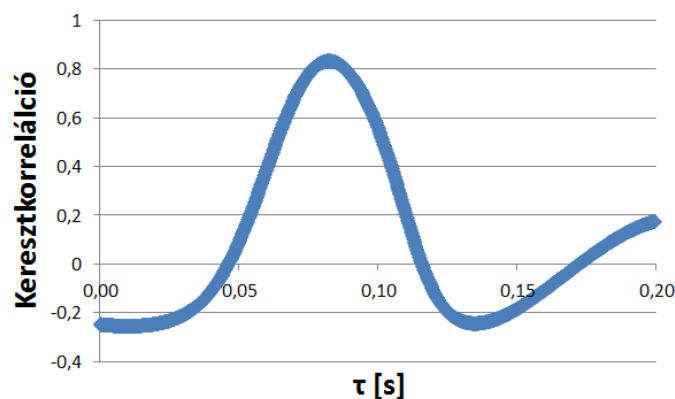
1. lépés: A mért időjelek 5 s hosszúak. Ezekből ki kell jelölni a keresztkorrelációs számítás érdekében azt a részt, ahol a tranziens jelenségek lezajlanak (lásd 2. ábra; amik jelen esetben kb. 1,15 másodpercnél kezdődnek). Ha ezt nem tesszük meg, a kiértékelés nem csak hibás lesz, hanem használhatatlan eredmény is kapunk.

2. lépés: A korrelációs függvényt az Excelben a KORREL (angol nyelvű verzióban CORREL) nevű függvény segítségével érhetjük el. Az argumentumban meg kell adni a korrellálandó időjeleket, figyelve arra, hogy a p_1 jel oszlopát rögzítsük. Továbbá biztosítani kell, hogy a korrellálandó időjelek hossza mindig megegyezzen. Ezt az alábbi mintában úgy valósítottuk meg, hogy 0,2 s hosszú mintát jelöltünk ki az eredeti jelből (1000 mintavételi pont; jelen esetben a rögzített p_1 jel cellái: 5700-6699), (lásd 3. ábra).

	B	C	D	E
1	t [s]	P1 [bar]	p2 [bar]	Korreláció
2	0,0000	3,053	3,136	-0,22349
3	0,0002	3,053	3,144	-0,2235
4	0,0004	3,053	3,140	-0,22352
5	0,0006	3,046	3,138	-0,22353
6	0,0008	3,054	3,135	-0,22354
7	0,0010	3,056	3,139	-0,22354
8	0,0012	3,056	3,139	-0,22354

3. ábra: A keresztkorrelációs függvény alkalmazása Excelben

3. lépés: A keresztkorrelációt elvégezve és a kapott függvényt az időeltolás függvényében ábrázolva kapjuk a 4. ábrán látható diagramot. Az időeltolás függvényhez praktikus felhasználhatjuk az eredeti t [s] oszlopot is (nem kell feltétlen új, τ [s] oszlopot létrehozni), mivel az időlépések mértéke megegyezik. A keresztkorrelációs függvény maximumához tartozó időeltolás értéke adja meg a kívánt időkésést (t^* -ot). Ezután a táblázatból kikeresve megkapjuk, hogy pl. $t^* = 0,0822$ s, ez alapján a hullámterjedési sebesség $a = \frac{L}{t^*} = \frac{10 \text{ m}}{0,0822 \text{ s}} = 121,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



4. ábra: A keresztkorrelációs függvény



4. Az eredmények feldolgozása

Az 1-es és 2-es vezeték azonos belső átmérőjű (D) és falvastagságú (δ), de különböző anyagtulajdonságú (rugalmassági modulusú - E). A csövek geometriai adatait az 1. táblázat tartalmazza. A víz rugalmassági modulusa: $E_{\text{víz}}=2,2$ GPa, sűrűsége: $\rho_{\text{víz}}=1000$ kg/m³.

	1. cső (mipolán)	2. cső (vastag pneumatika)	3. cső (vékony pneumatika)
D [mm]	5	5	3
δ [mm]	1,5	1,5	1
L [m]	10	10	10

1. táblázat: A mérésnél használt csövek geometriai adatai

Áramlásból ismert Allievi-elmélet szerint a csőben a hullámterjedési sebesség négyzete arányos a cső redukált rugalmassági modulusával (E_r) és fordítottan arányos a közeg sűrűségével (ρ):

$$a^2 = \frac{E_r}{\rho}$$

A redukált rugalmassági modulus a folyadék (jelen esetben víz), illetve cső geometriai adatai és anyagtulajdonságai alapján, az alábbi módon számolható:

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1}{E_{\text{foly}}} + \frac{1}{\frac{\delta}{D} E_{\text{cső}}}$$

A hullámterjedési sebesség tehát függ a cső rugalmasságától és annak geometriájától. A számolt hullámterjedési sebességek közötti eltérésekre a hallgatók keressenek a fenti összefüggések segítségével kvalitatív magyarázatot!

Jegyzőkönyvben a mérésről nem kérünk bőséges leírást, csak a kiértékelésről és az eredményekről. A jegyzőkönyvnek a szokásos tartalmi követelmények mellett tartalmaznia kell:

- az alkalmazott matematikai módszer rövid ismertetését és
- a mért időjelek grafikonját a nyomástranziens előtti és utáni stacioner szakasz elhagyásával
- a mért csövek számított adatait (hullámterjedési sebesség (a), redukált rugalmassági modulus (E_r), csőfal rugalmassági modulus ($E_{\text{cső}}$) az alábbi táblázatnak (2. táblázat) megfelelő formában.

	1. cső (mipolán)	2. cső (vastag pneumatika)	3. cső (vékony pneumatika)
a [m/s ²]			
E_r [MPa]			
$E_{\text{cső}}$ [MPa]			

2. táblázat: A mért csövek számított jellemzői

A jegyzőkönyv a beadáskor meg kell, hogy feleljen a formai és tartalmi követelményeknek (lásd honlap).



5. A mérésnél használt nyomástávadók adatai

- gyártmány: Keller Druckmesstechnik
- típus (1-es távadó): PA-21SR/16 bar/80520.35
- gyári szám (1-es távadó): 222140.0574/02/08
- típus (2-es távadó): PA-21SR/16 bar/80520.3
- gyári szám (2-es távadó): 222140.0006/07/07