

A kutatás célja

A korszerű építészet nagy mennyiségben használ akusztikai célra különféle anyagokat, pl., gumit vagy parafát testhanggátlásra, különféle műanyag járóburkolatokat, pórusos anyagokat úszópadlóknak és hangelnyelő szerkezetekben stb. Ezen anyagok dinamikai tulajdonságai - a dinamikai rugalmassági modulusok és a veszteségi tényezők - meghatározó szerepet játszanak a szerkezetek akusztikai viselkedésében. A korszerű akusztikai számítási módszerek (SEA, FEM, BEM) az anyagok dinamikai tulajdonságainak mind teljesebb és pontosabb jellemzését igénylik.

A kutatás alapvető célja az volt, hogy új alapismereteket szerezzünk az akusztikai célú anyagaink dinamikai tulajdonságairól. A munkának lényegében három célja volt. Az egyik cél a dinamikai tulajdonságok frekvenciafüggése általános törvényszerűségeinek keresése volt, különös tekintettel a nagyfrekvenciás tartományra. Másik célként olyan anyagmodellek kidolgozását tűztük ki, amelyek alkalmasak a dinamikai tulajdonságok kísérletileg tapasztalt frekvenciafüggésének matematikai leírására elsősorban a kis veszteségű anyagok esetében. A munka harmadik célja pedig a viszkoelasztikus anyagok (gumik, műanyagok) komplex Poisson számának kutatása volt különös tekintettel a Poisson veszteségi tényező értékére. A téma fontosabb eredményeit a három cél szerinti bontásban ismertetjük.

1) A viszkoelasztikus anyagok nagyfrekvenciás viselkedése

A téma első fázisában az akusztikai célú viszkoelasztikus anyagok (gumik, rezgéscsillapító polimerek, műanyaghabok stb.) dinamikai tulajdonságainak frekvenciafüggésével, az általános törvényszerűségek keresésével foglalkoztunk. A kutatás középpontjába a viszkoelasztikus anyagok nagyfrekvenciás viselkedését állítottuk, amely napjainkban nemzetközi szinten vitatott kérdés. Kísérleti vizsgálataink és a témára vonatkozó szakirodalmi

eredmények tanulmányozása alapján megállapítottuk, hogy a nagyfrekvenciás kísérleti tapasztalatok és az eddigi elméleti vélekedés között ellentmondás van. Az elméleti vélekedés szerint a komplex rugalmassági modulus (nyírási vagy Young modulus) nagyfrekvencián véges határértékhez tart, míg a kísérleti tapasztalatok szerint ennek ellenkezője is fennállhat. A kutatás további részében azt vizsgáltuk, hogy a kísérletileg tapasztalt nagyfrekvenciás viselkedés összhangban van-e az általános érvényű diszperziós elmélettel. A vizsgálathoz levezettük a Kramers-Krönig-féle diszperziós összefüggéseket a komplex rugalmassági modulusra vonatkozóan és arra az új eredményre jutottunk, hogy ezen összefüggések akkor is érvényesek, ha a komplex modulus-frekvencia függvény nagyfrekvencián nem korlátos. A Kramers-Krönig összefüggések alkalmazásával pedig azt sikerült igazolni, hogy a kísérletileg tapasztalt nagyfrekvenciás viselkedés összhangba hozható a diszperziós elmélettel. A hőmérséklet-frekvencia elv segítségével a kísérleti tapasztalatok fizikai magyarázatát is sikerült megtalálni.

A kutatás ezen eredményeit a *Journal of Sound and Vibration* c. nemzetközi folyóiratban közzétettük.

(Pritz, T., Unbounded complex modulus of viscoelastic materials and the Kramers-Kronig relations. *Journal of Sound and Vibration* **279**, 687-697, 2005.)

2) Egy új anyagmodell

A kutatás következő célja olyan modellek keresése volt, amelyekkel közvetlenül a frekvenciatartományban lehet leírni az akusztikai célú anyagok (műanyaghabok, parafa, szálás anyagok stb.) dinamikai viselkedését. Kidolgoztunk egy ú.n. frekvencia-hatványtörvény modellt, amely egy meghatározott frekvenciatartományban teszi lehetővé a dinamikai viselkedés matematikai leírását. A modell kidolgozásakor abból a kísérleti megfigyelésből indultunk ki, amely szerint több akusztikai célú anyag veszteségi modulusa

egy hatványtörvénnyel közelíthető a hangfrekvenciás tartományban, illetve annak egy szűkebb részében. A dinamikai modulus-frekvenciafüggvényt a veszteségi modulus-frekvenciafüggvényből számítottuk a Kramers-Krönig-féle diszperziós összefüggések alkalmazásával a kutatás előző évi eredményeinek felhasználásával. Igazoltuk, hogy a frekvencia-hatványtörvény modell kielégíti mind a kauzalitási, mind a termodinamikai követelményeket. Tanulmányoztuk a modell viselkedését különös tekintettel a kis veszteségű anyagokra. Megmutattuk, hogy a hatványtörvény modellel jól magyarázhatók azon kísérleti tapasztalatok, amelyek szerint, ha a dinamikai tulajdonságok frekvenciafüggése kismértékű, akkor a veszteség kicsi. A hatványtörvény modellt alkalmaztuk több akusztikai célú anyagra (gumi, parafa, műanyaghab) vonatkozó kísérleti eredményünkre. Az illesztési próbák a modell alkalmazhatóságát igazolták.

A frekvencia-hatványtörvény modell kidolgozásáról és alkalmazásáról írt cikkünk az *Applied Acoustics* c. nemzetközi folyóiratban jelent meg.

(Pritz, T., Frequency power law of material damping. *Applied Acoustics* **65**, 1027-1036, 2004.)

3) A viszkoelasztikus anyagok Poisson veszteségi tényezője

A munka további részében a viszkoelasztikus anyagok komplex Poisson számának kutatásával foglalkoztunk. Ezt a kutatást alapvetően az indokolta, hogy a komplex rugalmassági modulusokkal szemben, a komplex Poisson számra vonatkozó ismeretek kimondottan szegényesek. A témával foglalkozó szakirodalom áttekintésével megállapítottuk, hogy elsősorban a komplex Poisson szám veszteségi részére, az ún. Poisson veszteségi tényezőre vonatkozó ismeretek hiányosak, illetve ellentmondók, mind elméleti, mind kísérleti vonatkozásban. A kutatás középpontjába ezért a Poisson veszteségi tényező meghatározását állítottuk.

A kutatás első fázisában elméleti úton kerestünk a Poisson veszteségi tényező lehetséges értékét és annak összefüggését a komplex modulusok veszteségi tényezőjével homogén, izotróp viszkoelasztikus anyagok esetében. A komplex Poisson szám és a komplex rugalmassági modulusok közötti összefüggésekből kiindulva megmutattuk, hogy a Poisson veszteségi tényező – a dinamikai Poisson számhoz hasonlóan - korlátos mennyiség. Megmutattuk továbbá, hogy a felső korlát alapvetően a dinamikai Poisson számtól függ, de abban szerepet játszik az anyag veszteségi tulajdonsága is. Levezettünk egy általános érvényű összefüggést, amely szerint a Poisson veszteségi tényező a nyírási és a térfogati veszteségi tényező különbségével arányos, és függ a dinamikai Poisson szám értékétől is. Sikerült továbbá kidolgozni egy közelítő összefüggést a közel összenyomhatatlan gumik Poisson veszteségi tényezőjének számítására. Ezen összefüggés szerint az akusztikai célra nagy mennyiségben használt gumik és a gumyszerű anyagok Poisson veszteségi tényezője jó pontossággal meghatározható csak a nyírási veszteségi tényező és a dinamikai Poisson szám ismeretében.

A további kutatás során sikerült igazolni, hogy az utóbbi megállapítás valamennyi szilárd viszkoelasztikus anyagra is érvényes lehet. Alapvetően új összefüggéseket találtunk, amelyek lehetővé teszik valamely viszkoelasztikus anyag Poisson veszteségi tényezőjének meghatározását a nyírási veszteségi tényező és a dinamikai Poisson szám ismeretében. Ezen összefüggések segítségével megmutattuk, hogy a Poisson veszteségi tényező mindig legalább egy nagyságrenddel kisebb a nyírási veszteségi tényezőnél. Igazoltuk, hogy a Poisson veszteségi tényező még a nagy csillapítású anyagok esetében is rendszerint kisebb, mint 0,1. Az összefüggések vizsgálatával arra a meglepő eredményre jutottunk, hogy egy kis- és egy nagyvesztességű anyag veszteségi Poisson veszteségi tényezője azonos lehet. Megmutattuk továbbá, hogy a viszonylag kis értékű Poisson veszteségi tényező elhanyagolása rendkívül

nagy hibához vezethet mind a viszkoelasztikus anyag dinamikai viselkedésének jellemzésében, mind az akusztikai, illetve rezgéstani számításokban.

Az elméleti megállapításokat kísérleti adatokkal is sikerült alátámasztani. A kísérleti adatok az elméleti összefüggések helyességét igazolják.

A kutatás ezen részének eredményeiről két közleményben számoltunk be. Az egyik munka a 34. Zajcsökkentési Kongresszus kiadványában jelent meg.

(Pritz, T., On the Poisson's loss factor of rubbery materials. *Proceedings of Inter-Noise 2005, Rio de Janeiro, 2005*).

A másik munkát a *Journal of Sound and Vibration* c. folyóiratban szeretnénk közzé tenni, a kéziratot a Szerkesztőségnek elküldtük, véleményezés után elfogadták, jelenleg közzététel alatt áll.

(Pritz, T., The Poisson's loss factor of solid viscoelastic materials. 24 oldal, 27 hivatkozás, 6 ábra.)