

Közlekedési eredetű rezgés nyomon követése egy akusztikailag igényes épület különböző építési fázisaiban

Dr Maria Bite, Institute for Transport Sciences, H-1119, Budapest, Thán K. u. 3.
István Dombi, Non-profit Company for Quality Control and Innovation in Building,
H-1113, Budapest, Diószegi út 37.
Pal Bite, Technical University of Budapest, H-1111, Budapest, Stoczek u. 2

1. Bevezetés

Egy akusztikailag igényes épületet a városi vasúttól 25 m-re, míg egy acélszerkezetű vasúti hídtól 200 m-re terveztek elhelyezni.

Az épület megépítése előtt a talajban, építése közben az alaplemezen végeztünk rezgésméréseket az épületre vonatkozó szigorú akusztikai követelményeinek tervezéséhez szükséges kiindulási adatok meghatározásához.

Az előadásban bemutatjuk az épületet érő rezgésterhelés meghatározáshoz kidolgozott mérési módszert, ill. az elvégzett vizsgálatok eredményeit.

A rezgésvizsgálatokat az építési helyszínen végzett rezgésebesség méréssel valósítottuk meg. A rezgésebességet analóg integrálással állítottuk elő jelkondicionáló töltéserősítők alkalmazásával. A mérési eredményeket rezgésebesség szint-frekvencia függvényként dokumentáltuk. A szerkezetről lesugárzott hangintenzitás-szint értéke (ha a rezgésebesség szint vonatkoztatási szintje $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s) közvetlen információt ad az épületszerkezetről lesugárzott hangintenzitás-szintjének várható nagyságáról. Ez alapján becsülhető a betonlemezekről lesugárzott zajteljesítmény.

A tervezett létesítmény építése során a felépítmények és burkolatok fogadására kész alaplemezen végeztük a második méréssorozatot.

A vizsgált létesítmény felépítése után az épület, különböző elhelyezésű és többé-kevésbé szigetelt részein mért szerkezeti zaj és rezgésvizsgálatok eredményeit mutatjuk be.

2. A vizsgálatok indokoltsága

Az új épület, Budapest környezeti rezgések szempontjából “erősen szennyezett” területén, a IX. kerületben, a Soroksári út Lágymányosi hídhöz közelfekvő területén, a Duna, HÉV mellett kerül elhelyezésre. A tervezett létesítménytől mintegy 25 m-re halad a Csepeli HÉV, kb. 200 m-re a Lágymányosi 2x3 sávós közúti ill. vasúti híd.

A felsorolt környezeti rezgésforrások között ki kell emelni a két hidat, mert ezek parti pillérjei mélyen a teherhordó agyagrétegbe nyúlnak, és az erről átadódó rezgések jelentős mértékben hozzájárulnak a tervezett létesítmény rezgésterheléséhez.

A vizsgálataink a célja az akusztikailag kényes helyiségekben keletkező rezgések, és ennek következtében a lesugárzott belső téri zaj előbecsléséhez szükséges alapadatok megállapítása volt.

Az épület alaplemezen végzett vizsgálatok célja a tervezett színház nézőterére vonatkozó szigorú akusztikai követelményeinek tervezéséhez szükséges kiindulási adatok meghatározása, majd a szükséges rezgésszigetelés megtervezéséhez szükséges adatok meghatározása volt.

A színház belső tere zajterhelésének fontos részét képezi a talajból az épületszerkezetbe kerülő rezgések által okozott szerkezeti zaj. A zaj forrását jelentő rezgések meghatározása már az alapozásnál kiemelt jelentőségű, mert a szerkezeti zaj elleni szigetelést, hatásosan csak az épület alapozásakor lehet megoldani. A betonszerkezetbe bejutó rezgés gyakorlatilag akadálytalanul, csillapítás nélkül szétterjed az épületben és minden határoló szerkezetről, mint hangforrásról, másodlagos léghangként lesugárzódik a színháztérbe, növelve a háttérzaj értékét.

3. Az alkalmazott vizsgálati módszer

A rezgésvizsgálatokat az építési helyszínen végzett rezgésebbesség mérésel valósítottuk meg. A mérési eredményeket rezgésebbességszint-frekvencia függvényként dokumentáltuk.

A rezgésebbesség szint definíciója:

$$L_v = 20 \cdot \log(v / (5 \cdot 10^{-8})) \quad [\text{dB}]$$

ahol - L_v - a rezgésebbesség-szint értéke [dB re $5 \cdot 10^{-8}$ m/s]

- v - a mért rezgésebbesség értéke [m/s]

- $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ [m/s] a vonatkoztatási sebesség

A fenti egyenlettel meghatározott rezgésebbesség-szint számértéke - egységnyi sugárzási fok és szabad térbe sugárzott zaj esetén - megegyezik a szerkezetről lesugárzott hangintenzitás-szint értékével, így közvetlen információt kapunk a mérési eredmények alapján a szerkezetről lesugárzott zaj hangintenzitás-szintjének várható nagyságáról. A tervezett vasbeton szerkezetnél az akusztikailag fontos frekvencia tartományban a sugárzási fok 1-nek, vagy 1-hez igen közelinek tekinthető a nagy vastagságú betonszerkezetek alacsony határfrekvenciája miatt. A betonlemezokről lesugárzott zajteljesítmény az alábbi összefüggéssel becsülhető /1/:

$$L_w = L_v + 10 \cdot \log \bar{\delta} + 10 \cdot \log S + K \quad [\text{dB}]$$

- ahol
- L_W - a rezgő felületről lesugárzott zajteljesítmény szint [dB]
 - L_V - a felületen mérhető rezgésebbesség szint [dBre 5^*E-8]
 - $\bar{\delta}$ - a rezgő felület sugárzási foka [-]
 - S - a rezgő felület felszíne [m 2]
 - K – a helyszíni korrekció (értéke helyszíni méréssel határozható meg)

A végleges helyiségben kialakuló hangnyomásszintet a beállított teremállandó fogja meghatározni, de a belső zaj számításakor a szerkezeti eredetű zajteljesítményt figyelembe kell venni és – ha a határoló szerkezetben már jelen van a rezgési energia, a zaj lesugárzását csökkentő fal - és födémburkolatok alkalmazásával lehet a belső zajt mérsékelni.

4. A vizsgálati pontok

A méréseket három ütemben végeztük.

1. mérésorozat: 2000. szeptember 17-18. (alapozás idején)

- ❖ Az alapcölöpökön (a 228. és a 317. számú cölöpökön)

2. mérésorozat: 2000. december 11. (alaplemez elkészítése után)

- ❖ A színpadtér nyers alaplemezén
- ❖ A stúdió színpad nyers alaplemezén

3. mérésorozat: 2001. április 7. (födém elkészítése után)

- ❖ A színpad elkészült alaplemezén
- ❖ A stúdió színpad elkészült alaplemezén

Mindhárom ütemben három - egymásra merőleges - koordináta tengely irányában mértünk. A mérőirányok az alábbiak voltak:

X - irány - a HÉV pályára merőleges, vízszintes irány

Y - irány - a HÉV pályával közel párhuzamos, vízszintes irány

Z - irány - az X és Y irányokra merőleges, függőleges irány

A mérési irányok később át lettek nevezve a vonalforráshoz rögzített koordináta rendszerré, tekintettel arra, hogy a forrás tengelyével párhuzamos irányú mérések olyan alacsony értéket adtak, hogy elhanyagolhatók voltak. Az utóbb használt mérőirányok az alábbiak:

R – irány – a forrás (vasút, HÉV pálya) tengelyére merőleges, vízszintes irány

Z – irány - a forrás (vasút, HÉV pálya) tengelyére merőleges, függőleges irány

5. Vizsgálati eredmények

5.1. Mérések az alapcölöpökön

A vizsgálati eredmények végeredménynek tekinthető adatait az R1. táblázatban numerikus, az R1-R4 ábrákon, grafikus formában dokumentáltuk. Az ábrákon feltüntettük az alaprezgés értékeinek hosszúidejű effektív értékeinek frekvencia függvényét is.

5.2. Mérések a nyers alaplemezekon

A nyers alaplemezen végzett méréseket – mivel ezek közbülső vizsgálatok voltak – az R5-R9.- ábrákon, grafikus formában dokumentáltuk.

Az R7-R8. ábrákon feltüntettük az alapcölöpön mért értékeket is, hogy látható legyen az oszlopra helyezett lemez dinamikai hatása.

Annak igazolására hogy a vízszintes irányú rezgés jelentősen alacsonyabb a Z – irányúnál az R9. ábrán megrajzoltuk az R (Y) irányú rezgés-sebességszint frekvencia függvényét is.

5.3. Mérések a „kész” falakkal is ellátott alaplemezen

A felépítmények és burkolatok fogadására kész alaplemezen végeztük a harmadik mérésorozatot.

A tercsávós méréseket numerikusan (R3. táblázat) és grafikusán egyaránt dokumentáltuk (R10 és R12. ábrák) tekintettel arra, hogy az adatok számszerű ismerete szükséges a belső akusztikai tervezés elvégzéséhez.

6. Összefoglalás

A vonatelhaladások és a spektrumok összekapcsolásával kimutatható volt, hogy a csúcsokat egyértelműen az elhaladó vonatok (és kisebb mértékben a HÉV szerelvények) okozzák, miközben az „alaprezgés” a Lágymányosi híd közúti forgalmától származik.

A fentiek alapján látható, hogy az akusztikailag kényes tereket megfelelő rezgésszigeteléssel kell ellátni azért, hogy az ide bejutó rezgéseket minimalizálni lehessen. Ezeket a tereket önálló dilatációs egységként kezelve az épület többi részétől teljes mértékben el kell választani, és a feltámaszkodási pontjainál megfelelő rezgésszigetelést kell alkalmazni.

A dilatációs hézagok két oldalán a védett és a nem védett terek között kialakuló kétrétegű oldalfalak között üveggyapot rétegre van szükség.

A fenti módszerrel az akusztikailag kényes terek nemcsak a külső környezetből származó rezgéshatásoktól védhetők meg, hanem a rezgésszigetelés hatékony védelmet nyújt az épületen belül, de a védett tereken kívül keletkező bármilyen olyan testhangoktól is, ami az épület rendeltetésszerű üzemeltetéséből származik. (pl. gépészet, stb.).

6. A módszer továbbfejlesztése

A kidolgozott eljárás továbbfejlesztésével, peremelem (**boundary element**) és végeselem (**finite element method**) alkalmazásával lendület modellt építettünk fel egy – még csak terv formában létező – kórházépületre, ahol a különböző emeletéken elhelyezett műtők födémén várható rezgésterhelés értékét kellett előre becsülni. Majd az épület szerkezetkész állapotában megmértük a valóságban kialakult rezgéseket. A rezgések forrása közúti közlekedés és városi villamosközlekedés volt. A számított és mért eredmények összehasonlítását az x. ábrán mutatjuk be.

Felhasznált irodalom:

/1/ Cremer - Heckl: Körperschall. Springer-Verlag 1967

/2/ M. Bite – I- Dombi: Zaj- és rezgésvizsgálatok. Az Új Nemzeti Színházat érő környezeti zaj- és rezgésterhelés OPAKFI, 2001.

/3/