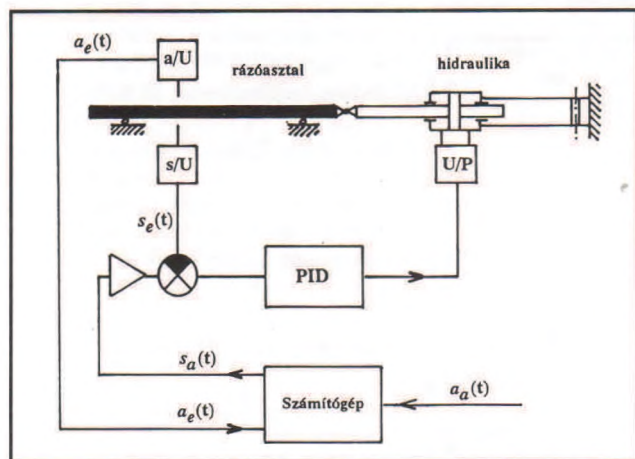


Földrengésszimulációs kísérletek rázóasztalon

Dr. Kálló Miklós*

Adottságok

A BME Építőipari Laboratóriumában az Acélszerkezetek Tanszék felügyelete alatt hosszabb ideje üzemel egy mobil szervohidraulikus rendszer (1. ábra), melyet elsősorban fáradásvizsgálatokra, adott esetben azonban a legkülönbözőbb statikus vagy dinamikus vizsgálatokra használunk. Az MTS gyártmányú rendszer erő-, elmozdulás- vagy nyúlásellenőrzőjellel és elvben tetszés szerinti (természetesen sávkorlátozott) alapjellel szabályozható. 1990-91-ben dr. Csák Béla és Kaltenbach László tervei alapján egy vízszintes síkban mozgó, 2,5 x 2,5 m alapterületű rázóasztal készült, melyet az említett MTS berendezés 50 kN/150 mm, vagy 250 kN/150 mm teljesítményű munkahengerei mozgathatnak. A rázóasztal készítésének célja az volt, hogy annak segítségével reprodukálhatók legyenek olyan elmozdulás-idő függvények, melyeket különböző földrengések alkalmazásával regisztráltak. Mivel ezek a jelek digitális formában álltak rendelkezésre, az alapjelet egy számítógép D/A konvertere szolgáltatotta az MTS rendszer autonóm szabályozása számára.

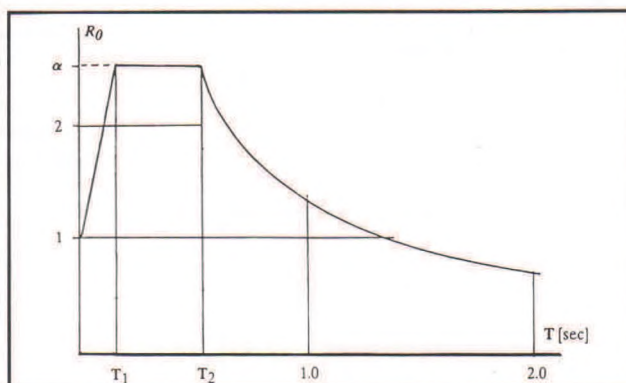


1. ábra Rázóasztal és vezérlése

A feladat

1991 őszén merült fel, mint feladat, egyes fokozott követelmények kielégítését igénylő műszerszkevények [1] szerinti földrengésállóságának kísérleti vizsgálata az említett rázóasztalon. A szabvány ajánlásai két, alapvetően különböző kísérleti vizsgálatot írnak elő a földrengésállóság vizsgálata céljára, un. a *sweep-teszt* és a *multifrekvenciás teszt* vizsgálatot. Előbbi lebonyolítása során a vizsgálandó próbatárgyra ható (mechanikai) gerjesztőjel állandó amplitúdójú gyorsulás, melynek frekvenciája 1 Hz-től indulva 30 mp/oktáv sebességgel 50 Hz-ig nő, majd ugyanilyen sebességgel ismét 1 Hz-re csökken. A vizsgálat célja az, hogy a földrengés keltette rezgések frekvenciasávjában a vizsgálandó szerkezet minden frekvencián (kétszer is) kapjon harmonikus gerjesztést, mégpedig elengedő ideig ahhoz, hogy az összes szám-bajzhető rezonanciajelenségek fellépjenek, megfigyelhetőek legyenek. Ugyanezen cél elérhető olyan sztochasztikus gerjesztőjel alkalmazásával is, melynek teljesítménysűrűség-spektruma az adott sávban konstans. A multifrekvenciás teszt előírásai egy ilyen állapotot köze-

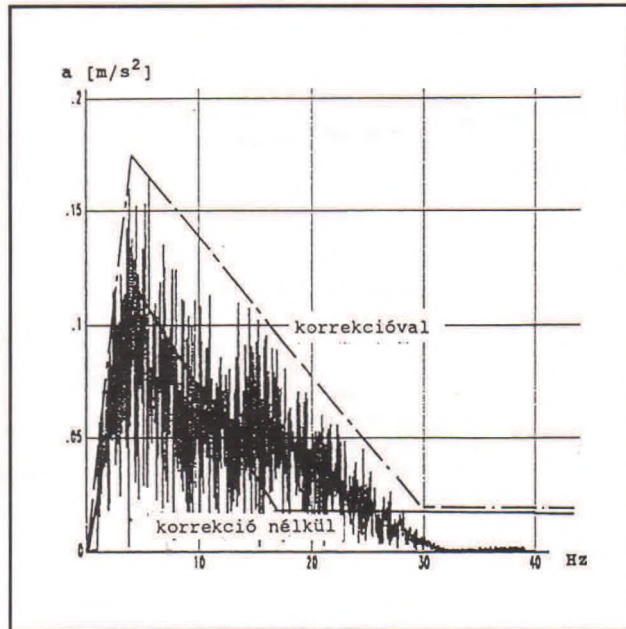
lítenek, módosítva azonban azzal a megszorítással, hogy az alkalmazandó véletlen jellegű gyorsulás-gerjesztés ún. válaszspektrumának (utóbbi definíciójára vonatkozóan ld. [1] v. [2]) meg kell egyeznie a földrengések által produkált gyorsulások általánosított válaszspektrumával. Egy ilyen – a hazánkhoz legközelebb eső földrengéses övezet, a Balkán-régió számára [3] szerint előírt – válaszspektrum látható a 2. ábrán.



2. ábra Általánosított gyorsulás-válaszspektrum talajszinten, 5% csillapításra, α intenzitásra, T_1 és T_2 periódusidőkre, [3] szerint

A probléma

A kísérletek lebonyolítása során a fő problémát az jelentette, hogy mind a sweep, mint pedig a multifrekvenciás teszt esetében a szervohidraulikus rendszernek *előre meghatározott gyorsulás-idő függvényeket kell realizálni*, annak ellenére, hogy a rendszer sem gyorsulásra, sem pedig sebességre nem szabályozható. Elvileg semmi



3. ábra A kívánt gyorsulásjel spektruma és a korrekció nélküli illetve a korrekcióval megvalósítható tartományok

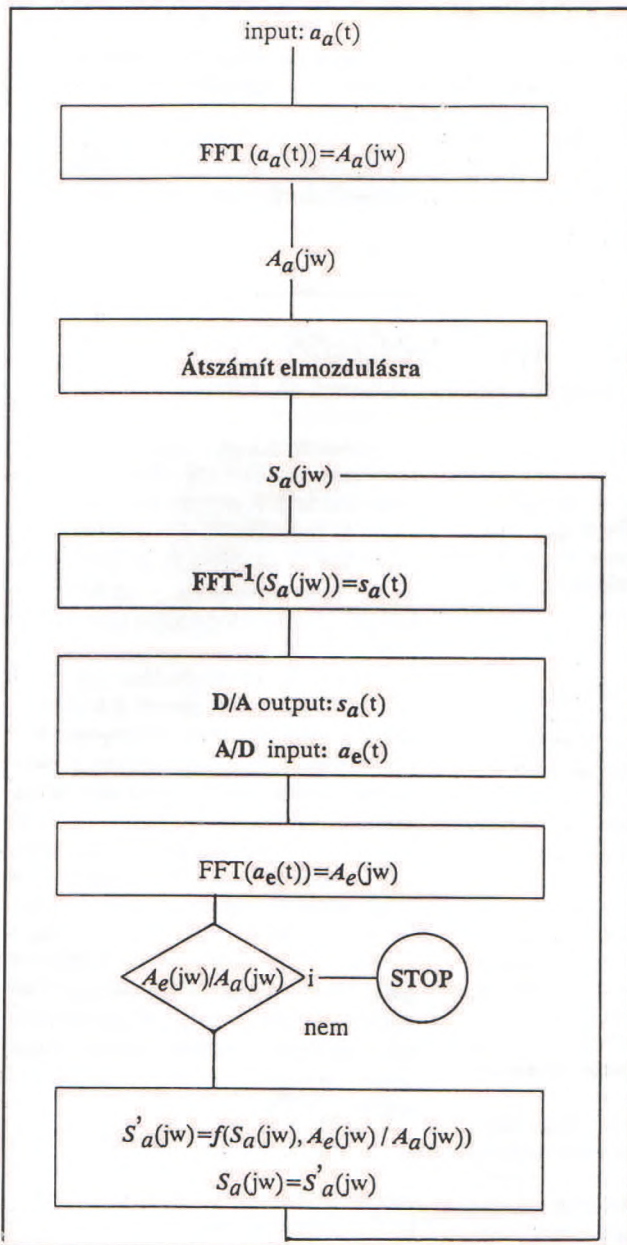
* Budapesti Műszaki Egyetem, MTA Műszaki Mechanikai Kutatócsoport, Acélszerkezetek Tanszék

nehézséget nem jelentene az elmozdulásra való vezérlés, hiszen a kívánt gyorsulás-idő függvényekhez tartozó elmozdulás-idő függvény minden további nélkül előállítható, mindazonáltal

a) a számítógép D/A konverzió 12 bit felbontása a frekvenciatartomány felső sávjában korlátozza az elmozdulás-idő függvény előállításának pontosságát

b) a szervohidraulikus rendszer a kívánt elmozdulások tartományában kb. 10 Hz felett a szabályozás alapjelét a (frekvencia növekedésével egyre növekvő) hibával képes csak követni.

A kívánt gyorsulásjelhez tartozó elmozdulásjellel történő vezérlés esetében tehát nem a kívánt gyorsulásjelet kapjuk meg. A sweep-teszt esetében az alapjel amplitúdójának frekvenciafüggő korrekciója viszonylag egyszerűen megvalósítható, a multifrekvenciás teszt lebonyolításakor azonban – amikor is a 0-40 Hz tartományban valamennyi frekvencia egyidejűleg jelen van – jelentősek az eltérések. Jellemzésül közöljük a 3. ábrát, melyen a kívánt gyorsulásjel amplitúdóspektrumára rajzolva látható annak a gyorsulásjelnek a spektrumburkológörbéje, amely az elméleti elmozdulásjellel való gerjesztés esetében mérhető. Természetesen, az eltérés a kísérlet megvalósítását ellenőrző gyorsulás-válaszspektrumban hasonló mértékű.



4. ábra A korrekciós algoritmus

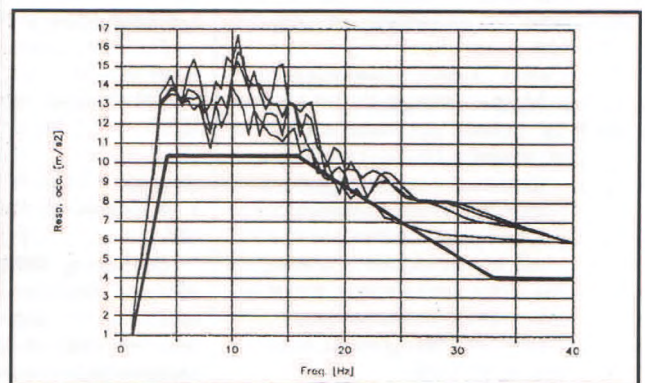
A megoldás

Az elmozdulás alapjel olyan módosítása a megoldás, amely a megvalósított gyorsulásjelet jobban hasonlatossá teszi a kívánt gyorsulásjelhez. Amennyiben egy ilyen korrekciós eljárás kidolgozható, annak ismételt alkalmazása (elvileg lehetővé teszi a kívánt gyorsulásjel tetszés szerinti pontossággal való realizációját. Az eljárás alkalmazásához a számítógép – mivel az alapjel előállításához amúgy is szükséges – rendelkezésre áll.

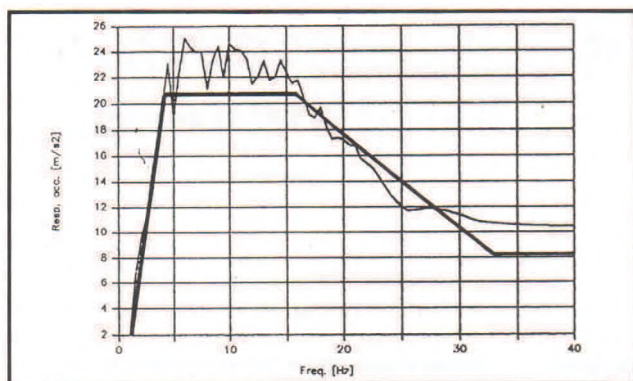
A módosítást végző program blokkvázlata a 4. ábrán látható. A program bemenő paramétere a megvalósítani kívánt gyorsulás-idő függvény mintavételezési frekvenciája és az ezzel a frekvenciával mintavételezett $a_a(t)$ függvény n számú értéke. (A továbbiakban a jelölésben nem teszünk különbséget a folytonos analóg függvény és ennek mintavételezett digitális reprezentációja között.) Első lépésben a program meghatározza a kívánt gyorsulásjel Fourier transzformáltját ($A_a(jw)$), majd ebből az elméleti elmozdulásalapjel $S_a(jw)$ Fourier-transzformáltját, melynek inverz transzformáltja ($s_a(t)$) lesz az alapjel első közelítése. Ezt az alapjelet (célszerűen a D/A konverter ± 2047 terjedelmű tartományába normálva, egyidejűleg az alapjelképző analóg erősítő kivezérését a kívánt amplitúdónak megfelelően beállítva) a D/A konverteren (és aluláteresztő szűrőn) keresztül a szabályozásra vezethetjük. A szabályozás megvalósít valamilyen – a kívánthoz többé-kevésbé hasonló – rezgést, melynek $a_e(t)$ gyorsulását a D/A konverzióval egyidejűleg az A/D konverteren keresztül a számítógép regisztrálja. Ez a jel szolgál a digitális vezérlésű tanulófolyamat ellenőrzőjeleként. (Az alapjel az $a_a(t)$ előírt gyorsulás-idő függvény.) Az alap- és ellenőrzőjel összehasonlítását a frekvenciatartományban célszerű elvégezni (mert például a frekvencia változásával változó fázistolás hatása itt egyszerűen követhető, a spektrumok ábrázolásával a megvalósítás mértéke vizuálisan könnyen kiértékelhető stb.), tehát újabb FFT eljárás következik, mely előállítja az $A_e(jw)$ ellenőrzőjel-transzformáltat. Az alapjel és az ellenőrzőjel transzformáltját egymásra rajzolva (a 3. ábra szerinti ábrázolásban) a megvalósítás mértéke vizuálisan könnyen megítélhető. Nyilvánvaló, hogy a numerikus transzformációs eljárásból fakadó hibák azonos sorozatokat azonos módon befolyásolnak, tehát két olyan időjel, melynek FFT-transzformáltja azonos, az időtartományban is azonos. Ugyanez igaz a végcélként elérendő előírt válaszspektrumra is. Az esetben, ha a két egymásra rajzolt spektrum különbsége az elvártnál nagyobb, azaz korrekcióra van szükség, egy korrekciós algoritmus a megvalósított $A_e(jw)$ mért és $A_a(jw)$ kívánt transzformáltak viszonyának megfelelően a frekvenciatartományban módosítja az $S_a(jw)$ elmozdulás alapjelet és az így módosított $S_a^j(jw)$ transzformálttal az előző ciklust ismétli. Néhány ismétlés után a kívánt gyorsulásfüggvény kellő pontossággal előállítható.

Az eredmények

A multifrekvenciás teszt lebonyolításához [1] két különböző intenzitású (ún. tervezési és maximális méretezési szintű) gyorsulásjelet igényel, melyek időbeli lefolyása tetszőleges lehet, az időfüggvényekből számítható gyorsulásválaszspektrumok azonban az 5. ill. 6. ábrán



5. ábra Négy tervezési szintű MF-teszt gyorsulás válaszspektruma



6. ábra Maximális méretezési szintű MF-teszt gyorsulás választék spektruma

feltüntetett burkológörbékét felülről kell, hogy közelítsék. Egy próbatárgynak négy tervezési szintű „földrengést” követően egy maximális méretezési szintű „földrengést” kell elviselnie. A tényleges próbák a kísérleti darabokat az előírtnál nagyobb mértékben vették igénybe, mivel az előző pontban ismertetett korrekciós algoritmus általában csak a negyedik-ötödik futás után produkált a teljes tartományban konzervatív eredményt. A 3. ábrán az amplitúdóspektrumba rajzolva szemléltetjük a korrekcióval megvalósítható, elmozdulásalapjelből nyert gyorsulásspektrum burkológörbéit, az 5. és 6. ábrán pedig a szabvány követelményeit kielégítő mért gyorsulás-válaszspektrumokat mutatunk be. Az ábrákon látható, hogy a tervezési szintű földrengéseknél a korrekciós folyamatot nem feltétlenül vittük el a kívánt és a mért

válaszspektrumok teljes illeszkedéséig – hiszen, ha a próbatárgy egy, az előírtat a teljes frekvenciatartományban meghaladó gerjesztést elviselt, a szabvány szerinti követelménynek (vonatkozó részében) eleget tett. A max. méretezési szint esetében közelítésünk óvatosabb – és pontosabb – volt.

Említsre érdemes, hogy a – kísérletek szempontjából szerencsére másodrangú – 30 Hz fölötti tartományban akkor is keletkezett (igaz, kicsiny) gyorsulásösszetevő, ha az (elmozdulás-) gerjesztőspektrumból ezt a tartományt teljesen kizártuk. Ennek oka a rázóasztal mechanikai jellemzőinek (csapágyazás, sajátfrekvenciák, szervoszelep stb.) tudható be.

A kísérletek során a megbízónál használatos 7 db műszerszerénytípus eredeti nagyságú modelljén, darabonként a két főirányban végeztük el a minősítéshez szükséges kísérleteket. A kísérleti darabokon mért gyorsulások analízisét a Geopard Kft. végezte el, eredményeikről várhatóan e folyóirat lapjain is beszámolnak.

Irodalom

- [1] IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations ANSI/IEEE Std 344-1975
- [2] Council of Tall Buildings, Group CL, 1980 TALL BUILDING CRITERIA AND LOADING. Chap. CL-2 Earthquake Loading and Response. ASCE, New York, 1978.
- [3] Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region. UNDP/UNIDO project RER/79/015. Vol 7. SEISMIC DESIGN CODES OF THE BALKAN REGION. Vienna, 1985.

923 094 071

Korszerű számítógépes anyagkiválasztó és hőkezelő rendszerek

A GTE Hőkezelő Központi Szakosztálya konstruktőrök és technológusok számára 1992. május 7-én klubnapot rendezett a korszerű számítástechnikai programok bevezetésének elősegítése céljából.

Ismeretes, hogy 1993. január 1. után Nyugat-Európa, mint a termékek és szolgáltatások piaca bezárul mindazon vállalatok előtt, amelyek nem tudnak eleget tenni az ISO 9000 szabványsorozatban megfogalmazott minőségbiztosítási követelményeknek. Ezeket ismertette összefoglalóban dr. Takács József előadásában és szakterületük szemszögéből elemezve rámutatott, hogy ezeknek csak a gyors és megbízható informatikai eszközök segítségével lehet megfelelni, hasznosítva a számítógépes anyagkiválasztó és hőkezelő rendszereket.

Szirmainé dr. Somogyi Szilvia előadásában négy számítógépes anyagkiválasztó szoftvert mutatott be. Elsőként egy francia szoftvert, a SICLOP-ot, melyet a CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques) fejlesztett ki. A SICLOP előírt mechanikai tulajdonságeggyűjtéshez választ megfelelő acélminőséget, előrejelzi a várható tulajdonságokat a keresztmetszet mentén, illetve optimális technológiát tervez. A szoftver saját adatbázisa mintegy 200 különböző acélt tartalmaz, de ez az adatbázis saját adatokkal bővíthető.

Másodikként a Dr. P. Sommer Werkstofftechnik GmbH. által kifejlesztett STAHLWIS-

SEN adatbázissal ismerkedett a hallgatóság. Az adatbázis az acélok igen széles köréről tartalmaz vegyi összetételi és mechanikai tulajdonság információkat, illetve diagramokat.

Az előadás még további két, a SACIT Acéltanácsadó Kft. által kifejlesztett anyagkiválasztó rendszert ismertetett. A bel- és külföldön egyaránt igen népszerű EQUIST 2.1. adatbázis 18 ország, az ISO és az Euronorm szabványok közel 8000 szabványos acélját tartalmazza. Az acélok összetételi, mechanikai tulajdonság információin kívül megtalálhatók a más országbeli ekvivalensek, valamint az acélok javasolt alkalmazási területei is. Az adatbázisból a felhasználó 50 különböző szempont figyelembevételével választhatja ki a legmegfelelőbb acélt.

A KORR korróziós információs rendszer a korróziós szempontok szerinti anyagmegválasztásban nyújt segítséget. Az adatbázis 15000 egyedi tapasztalatot, 300 közeg és 150 fémes szerkezeti anyag adatait tartalmazza, s így a korróziós szempont mellett még a mechanikai igénybevétel is figyelembevehető.

Dr. Smóling Kálmán és Csikós Gábor a Budapesti Műszaki Egyetemen kifejlesztett hőkezelési technológiatervező rendszert mutatta be, amely a gyakorlatban előforduló anyagkiválasztási és technológizálási feladatok megoldásának eszköze. A rendszer tárolja a szerkezetei és szerszámacélok hőkezelése

szempontjából lényeges adatait, valamint az üzem rendelkezésére álló hőkezelő berendezések jellemzőit. A programmal a gépkalkulációk és szerszámokra előírt tulajdonságokat – az anyag, a geometria és az üzemi adottságok figyelembevételével – gazdaságosan kielégítő hőkezelési technológia tervezhető és valósítható meg.

Dr. Réti Tamás előadásában egy fémtani-matematikai modellen alapuló számítógépes eljárást ismertetett, amely lehetőséget nyújt gázcementálási eljárások technológiai paramétereinek meghatározására az előírt anyagminőség, munkadarab geometria, kéregvastagság és felületi karbontartalom függvényében. A kifejlesztett számítógépes algoritmussal a cementálás optimalizálható, azaz olyan kétlépcsős – telítési és diffúziós ciklusból álló – technológia tervezhető, amelynél a teljes kezelési idő minimalizált. A szoftver üzemi körülmények között jól hasznosítható tekintettel arra, hogy kezelése különös szakértelmet nem igényel, a program futásideje 1 percnél kevesebb.

Az előadásokat nagy figyelemmel kísérte a hallgatóság, az előadókhoz folyamatosan intézték kérdéseiket, így kellemes, kollegális, fesztelen légkörben zajlott a rendezvény.

dr. Somogyi Szilvia

923 096 080