

A.1. Acélszerkezetek méretezési feladatköre és a megoldás korlátai

A.1.1. A méretezés feladatköre

A tartószerkezetek méretezése során felhasznált, több tudományterülethez tartozó ismereteket és módszereket a méretezéselmélet foglalja összefüggő és a tapasztalatokkal egyeztetett rendszerre, lehetővé téve így méretezési előírások formájában való kodifikálásukat.

A fokozódó kutatás a rendelkezésre álló (elsősorban kísérleti) információk körét lényegesen megnövelte. Ezzel együtt megnőttek a méretezéssel szemben támasztott igények is: egyre pontosabb becslést kívánunk meg arról a kockázatról, hogy a létesítendő szerkezet a tervezett élettartam alatt használhatatlanná válik vagy összeomlik. Ez – képletesen szólva – megköveteli, hogy egy elképzelt, *ideális*, terv szerinti szerkezet helyett az ideálistól anyagtulajdonságaiban, geometriájában és terhelésében véletlenszerűen eltérő, *reális* szerkezetek sokaságát elemezzük, melynek a majd elkészülő szerkezet egyik – előre nem ismert – példánya lesz [BOLOTIN, 1970;]. Legtöbb esetben a szóban forgó megismételt elemzés az alapinformációk statisztikai jellemzésével és a valószínűség-elmélet tételeinek felhasználásával megkerülhető; egyes, komplikáltabb esetekben szükség lehet a fentiek szó szerinti értelmezésére is [STRATING és VOS, 1973].

A szerkezet méretezése során követett munka fázisait szemlélteti a *A.1.1a ábra* [HALÁSZ, 1983; HALÁSZ és IVÁNYI, 1985; IVÁNYI, 1995]. Kiinduló információnk az anyag – esetünkben rugalmas és képlékeny szilárd test – viselkedésének leírása és anyagmodellbe foglalása oly módon, ahogy azt a kontinuummechanika megköveteli. Ez utóbbi lehetőséget nyújt arra, hogy a szilárd test felületén támadó erők hatására a test belsejében lejátszódó folyamatokra következzünk.

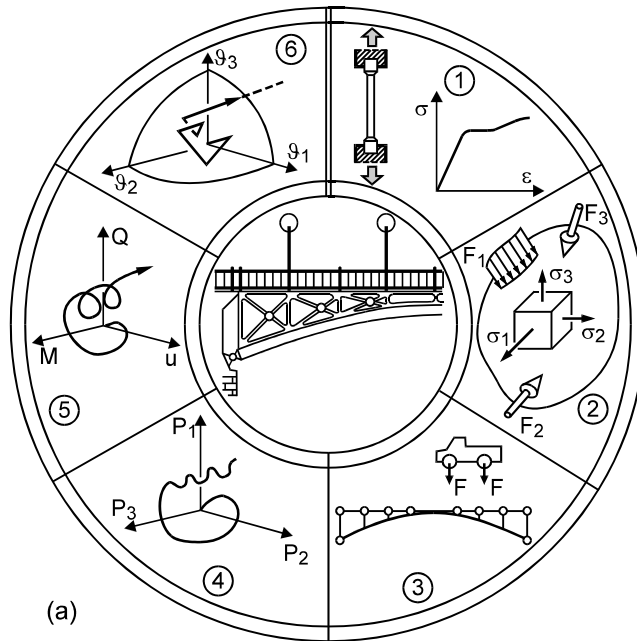
Tulajdonképpen innen ágazik el a tartószerkezetek elmélete mint szaktudomány. A kontinuummechanika általános tételeit és megoldási módszereit egy térbeli alakzaton fogalmazza meg: mégis, a szerkezetek alakjának bonyolultsága az elemzés ilyen útját járhatatlanná teszi. Ezért egyrészt a szerkezet geometriai leegyszerűsítésével annak *számítási modelljét* állítjuk elő, majd az arra ható terhek és környezeti hatások számbavételével a *terhelés történetét* foglaljuk össze, mondjuk egy *teherterben* leírt trajektória segítségével. Ez most már lehetővé teszi a szerkezet mindenkori állapotát leíró paraméterek (elmozdulás, igénybevétel) – nevezük őket *primer állapotjellemzőknek* – számítását, illetve a terhelés során beálló változásuk trajektória formájában való szemlélését. Az állapotjellemzők – vagy függvényeik – közül kiválasztjuk azokat, melyek alapján dönteni tudunk, megfelel-e vagy meddig felel meg a szerkezet a követelményeknek: ezek az ún. minőségjellemzők. A kvantitatív döntéshez a minőségjellemzők trajektóriáját egy olyan határfelülettel hozzuk metszésbe, mely éppen a követelmények számszerűsítése útján adódik. (Mivel általában valószínűségi változókkal dolgozunk, a metszés kockázatát vizsgáljuk.)

A továbbiakban példaképpen csak egyetlen követelményről, a teherbírásról beszélve a határfelület definiálásához a teherbírás kimerülésének okait legalább általános kategóriákban *tapasztalatból* kell ismernünk, például úgy, hogy

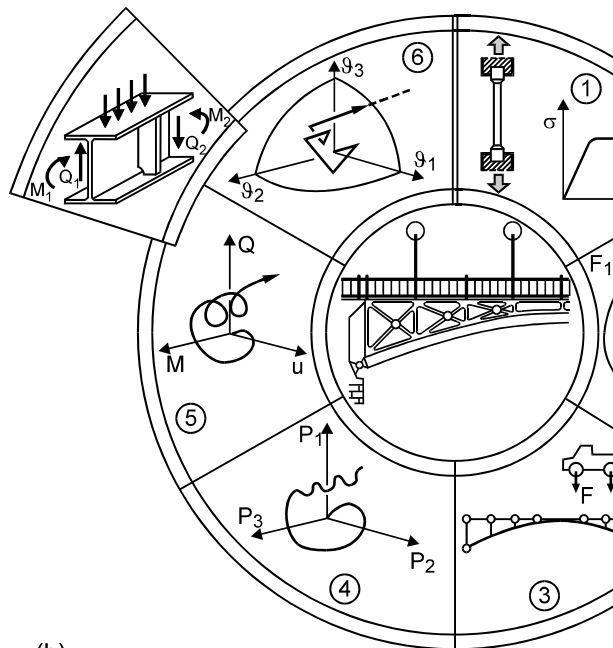
- a teherbírás kimerül, ha az anyagi folytonosság megszakad, vagy
- nyugalmi állapot már nem jöhet létre (a) nagy geometriai változások, (b) nagy képlékeny zónák vagy (c) ezek együttes hatására.

Ezek alapján szerkeszthető meg az említett határfelület.

A szerkezetek elméletének kulcskérdése a számítási modell megválasztása, mely a szerkezet végtelen bonyolultságát megszüri, s csak az előbb említett döntéshez szükséges tulajdonságokat tükrözi.



(a)



(b)

A.1.1. ábra A tartószerkezetek méretezésének egyes fázisai; a részletkiemelő modell fogalma

A modell helyességét végül a gyakorlat dönti el. A teljes, rendszerint egyedi jellegű építmény kísérleti ellenőrzése problematikus. Gyakori ugyan a próbaterhelés, ez azonban

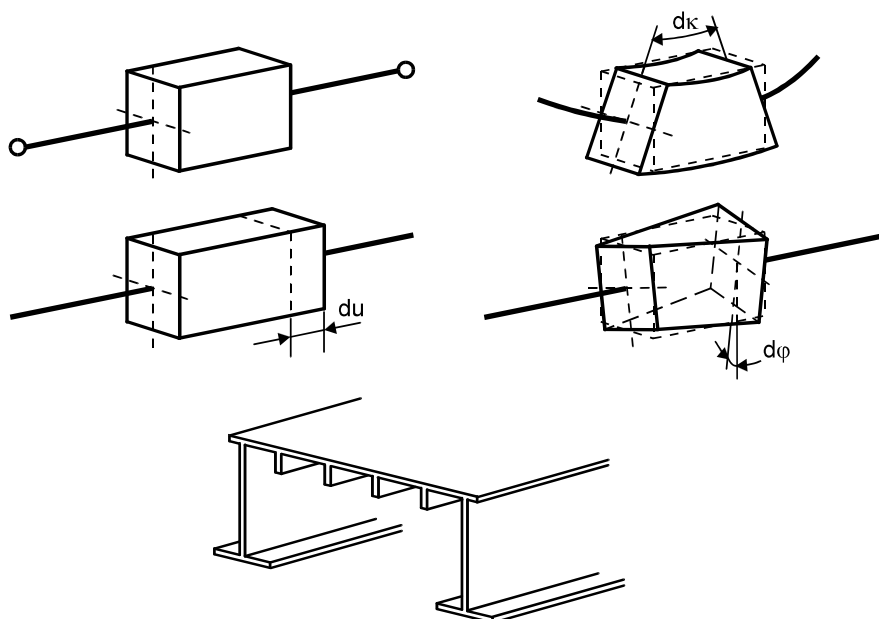
általában csak a szerkezet üzemszerű, normális viselkedését tükrözi; rendszerint a számítás és a valóság jó egyezését konstatáljuk. Igazi megnyugvással azonban csak a *rendkívüli körülmények* közti viselkedésre, a teherbírás határára vonatkozó információk szolgálnak: erre a próbaterhelésből szerencsés esetben választ nem kapunk.

Ahhoz, hogy a gyakorlati kontroll ne katasztrófa formájában valósuljon meg, igyekszünk minél gazdagabb tartalmú számítási modellekhez folyamodni, amint azt a szakma szabályait kodifikáló előírások – kissé utópisztikusan – elő is írják: „a modell a szerkezet viselkedését a valóságnál kedvezőbbnek nem tüntetheti fel.”

Ennek azonban számos akadálya van; ezek közül a leglényegesebb a szerkezet geometriájának elkerülhetetlen leegyszerűsítése. A tudományágat megalapozó elődeink legterméke-nyebb ötlete a háromméretű alakzatnak egy- vagy kétméretűvé (vonallá, felületté) való redukálása volt; ami persze a szabadságfokot lényegesen csökkenti.

Egy *vonallá* zsugorított tartó elemei csak nyúlani, görbülni vagy csavarodni tudnak (A.1.2. ábra). A tartó elemei a valóságban lényegesen mozgékonyabbak: a keresztmetszet alakját változtatja, a vékony falak horpadnak, a kapcsolatok deformálódnak.

A szükséges gyakorlati kompromisszum mármost rendszerint abban áll, hogy az elemzést *több modell segítségével* hajtjuk végre. A legegyszerűbb (pl. vonalas) modellel a primer állapotjellemzőket számítjuk; a minőségjellemzőket pedig egy *közbeiktatott* – nevezzük így – *részletkiemelő modellel* vagy *célmodellel* határozzuk meg, amely az elem magasabb szabadságfokát újra visszaadja (A.1.1b ábra). Ez a gyakorlatban általánosan, de gyakran nem tudatosan alkalmazott eljárás konfliktusforrás lehet, mert a részletkiemelő modellel nyert információt a primer állapotjellemzők számításához nem vagy csak nehezen lehet visszacsatolni. A hiba ott nagy, ahol a két modell finomsága erősen eltér.



A.1.2. ábra Tartószerkezetek modelljei

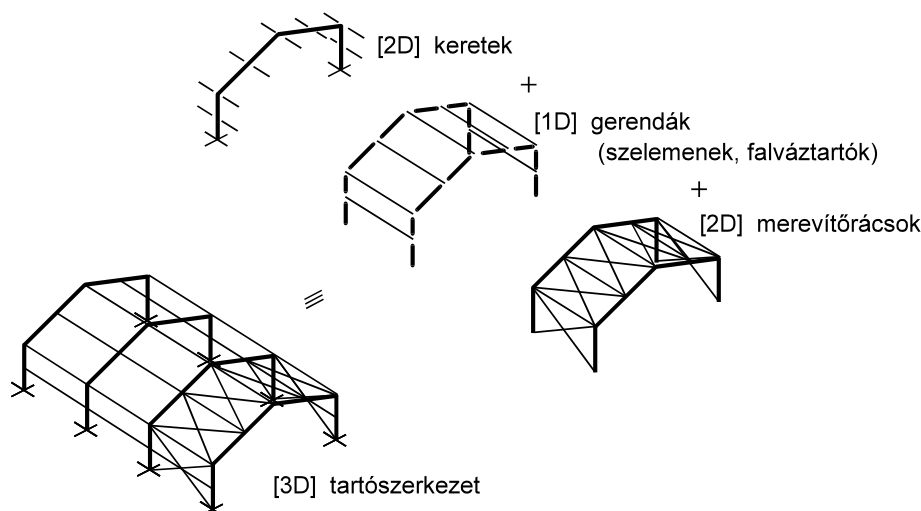
A visszacsatolás teljes mértékben elvileg nem is sikerülhet, hiszen ez elviselhetetlenül bonyolult primer modellt eredményezne; különösen mert a kiemelő modellel leírt részlet viselkedése általában csak numerikus úton (sőt, komplikált esetben csak kísérletileg) doku-

mentálható, és ez a teljes szerkezet finomított modelljében racionálisan nem használható fel, csak valamilyen közelítő megformulázás közbeiktatásával. A pontatlanság mértéke ezután csak a teljes szerkezeten végzett törőkísérlettel mutatható ki.

A mai méretezési gyakorlatban tipikusan háromszintű modell kialakítására került sor.

A.1.2. Rúdszerkezetek számítása elemekre (gerendákra, oszlopokra stb.) bontással

Az eredetileg térbeli vagy síkbeli rúdszerkezetek különálló rudakra (pl. oszlopokra, gerendákra) bontva is vizsgálhatók (A.1.3. ábra). Ilyenkor az egyes rudaknál olyan megtámasztásokat kell feltételezni, amelyek a kapcsolódó elemek (oszlop, gerenda, merevítés, alaptest stb.) megtámasztó hatását – esetenként a biztonság javára tett közelítéssel – megfelelően tükrözik.



A.1.3. ábra Rúdszerkezetek modelljei

Ha a szerkezet különösen nyomott elemeket tartalmaz, akkor az alakváltozásoknak az igénybevételekre történő visszahatását tekintetbe kell venni. E célból vagy az igénybevételeket kell másodrendű elmélettel számítani, vagy az elsőrendű elmélettel számított hajlítónyomatékokat kell módosítani.

Számos hagyományos szemlélet alapján álló szabvány ezt a modellalkotási módszert alkalmazza.

A.1.3. Rúdszerkezetek számítása síkbeli modellel (statikai vázzal)

A térbeli tartószerkezeteket síkbeli működésű és terhelésű tartókra bontva, síkbeli statikai vázak feltételezésével is lehet vizsgálni (A.1.3. ábra).

Amennyiben a síkbeli váznál figyelembe vannak véve a kezdeti pontatlanságok, a másodrendű elmélettel végrehajtott szilárdsági vizsgálatok mellett csak az alkotólemezek horpadá-

sát, valamint azokat a stabilitási határállapotokat kell vizsgálni, amelyek a tartó síkjára merőleges elmozdulásokkal, illetve a rúdtengely elcsavarodásával kapcsolatosak.

Ha a rudak oldalirányú elmozdulását és a rúdtengely elcsavarodását folytonos vagy kellően sűrű oldalirányú megtámasztás akadályozza, a horpadásvizsgálatot kivéve minden stabilitásvizsgálat mellőzhető.

A hajlított tartók kifordulásvizsgálata elhagyható, ha a nyomott öv oldalirányú megtámasztásai egymástól előírt távolságban vannak.

A rúdszerkezetek síkbeli modellel (statikai vázzal) való számítása az elemekre bontáshoz tartozó számítástól jelentős mértékben különbözik. A modellalkotás folyamán – a szabályzati előírásokon keresztül – gondoskodni kell arról, hogy a síkbeli viselkedést befolyásoló tényezők (kapcsolatok, rúdkihajlás) hatásuknak megfelelő formában kerüljenek figyelembevételre.

Jelenleg az EUROCODE 3 szabvány alternatívákat tartalmaz, amennyiben lehetőség van a kétféle modell használata között dönteni.

A.1.4. Rúdszerkezetek számítása térbeli modellel (statikai vázzal)

Térbeli statikai váz (*A1.3. ábra*) alkalmazása esetén az igénybevételeket vagy másodrendű elmélettel, vagy olyan fokozatosan közelítő eljárással kell számítani, amelynél az igénybevételeket és az elmozdulásokat ugyan elsőrendű elmélettel állapítják meg, de a megismételt műveletek során a megelőző lépésben kiadódó elmozdulásokkal a figyelembe vett tartóalak mindig módosul.

Ha a térbeli statikai váz tartalmazza a kezdeti pontatlanságokat is, akkor elegendő a szilárdsági vizsgálatok mellett csupán az alkotólemezek horpadásvizsgálatát elvégezni.

E számítási mód akkor alkalmazható, ha a tervező részletes és az erőtani számításhoz csatolt elemzéssel igazolja, hogy a pontatlanságok felvett nagysága és elrendezése a szerkezet kellő teherbírásának megítéléséhez megbízható alapot szolgáltat.

(A térbeli modell alkalmazása feleslegessé teszi a stabilitásvizsgálatokat, s ezért szükségtelen a rudak karcsúságának megállapítása is. Ezzel szemben a térbeli modellel a terjedelmes számítások elvégzéséhez számítógépre van szükség, és külön elemzést igényel a kezdeti pontatlanságok felvétele.)

Rúdszerkezetek térbeli modellel való számítása – elvileg – figyelembe veszi a szilárdsági vizsgálat mellett a síkbeli, valamint a térbeli kihajlás vizsgálatát (kifordulás, elcsavarodó kihajlás) is. Jelenleg szabályzati szinten nincs részletesen szabályozva egy ilyen térbeli modellel való számítás lehetősége, csak az elvi lehetőség adott.