

Tartószerkezetek logikája: Látni és érteni

Kísérleti tapasztalás és modellalapú oktatás a Z generáció nyelvén

Logic of structures: Seeing is understanding

Experiential and model-based learning through the lens of Generation Z

DEZSŐ Zsigmond

HydraStat Mérnöki Iroda Kft.

4029 Debrecen, Maróthi György u. 4.

E-mail: hydrastat@hydrastat.hu; Tel.: +36-52-453-413; www.hydrastat.hu

Abstract

The increasing technological changes of the 21st century and the emergence of Artificial Intelligence (AI),—combined with widening generational gaps that reflect fundamentally different behaviors and mindsets due to rapid evolutionary changes—compel us to radically rethink and transform our communication, teaching methods, and, above all, our curricula. This is particularly true for architectural education, where even the core questions of what to teach and to what depth regarding supporting structures are being reconsidered.

I attempt to explore how new generations think, learn and create differently from their predecessors, what their specific expectations are toward education. I will also try to illustrate through practical examples how I imagine presenting the behavior of supporting structures, developing an engineering mindset with the help of creative and motivating learning processes, centered on tangible experiences gained through experience-based physical experiments.

Keywords: structures, experimental experience, model-based education, generation Z

Kivonat

A XXI. század felerősödő technológiai változásai és a mesterséges intelligencia (MI - AI) megjelenése, de különösen a generációs különbségek – mely gyors fejlődési evolúciós változásokat követően teljesen eltérő viselkedést és gondolkozást jelent az újabb generációknál – arra készítetnek minket, hogy mind a kommunikációnk, mind az oktatási módszereink, de leginkább oktatási programunk átgondolását követően, gyökeresen megváltoztassuk ezeket. Különösen igaz ez az építészmérnöki oktatásra, ahol még az is kérdés, hogy mit és milyen mélységben oktassunk a tartószerkezetek vonatkozásában.

Megkísérlem feltárni, hogy az új generációk miben gondolkodnak, tanulnak és alkotnak másként, mint elődeik, melyek az oktatással szemben elvárt igényeik. Megpróbálok példákon keresztül is illusztrálni, hogyan képelem el a tartószerkezetek viselkedését bemutatni, a mérnöki szemléletet kialakítani kreatív és motiváló tanulási folyamatok segítségével, élményalapú fizikai kísérletek során szerzett kézzelfogható tapasztalások által.

Kulcsszavak: tartószerkezetek, kísérleti tapasztalás, modellalapú oktatás, Z generáció

A XVIII. századtól szétváló építész és mérnöki tudományok folyamatos távolodásával új értelmet nyert, hogy milyen mélységben ismerjük meg az összefonódó mesterség másik ágának részleteit. Azaz, már akkor jogosan merült fel az a kérdés, hogy ezen két tudományág képviselőinek mennyit, és milyen mélységben kell elsajátítaniuk a másik ismereteinek halmazából. Ma, a XXI. század felgyorsult technológiai fejlődése mellett, a jelentős generációs változások nyomán még élesebben merül fel újra a kérdés: mit, hogyan és mennyit? Valamennyit mindenképpen, de máshogy és mást is.

Czakó Adolf építészmérnök, műegyetemi tanár – több, mint száz esztendeje – fogalmazta meg:

„A tervező építész, mint az egész műnek az alkotója, ha a részletes számításokat nem is maga végzi, a kellő szakértelemmel vehessen részt a szoba jövő megoldások mérlegelésében és ne legyen pusztán szemlélője a mások által koncipiált szerkezeti megoldásnak.”

Teljesen nyilvánvaló, hogy ma már egy építészmérnök tartószerkezetekre vonatkozó ismeretei nem kell, hogy kiterjenek annak pontos számítására, vagy kialakításának apró részleteire, de azt a tudást, vagy a tartószerkezetek viselkedésének logikáját el kell sajátítsák, mely nélkülözhetetlen a megvalósítható, helyes koncepció megalkotásához, a szerkezet és forma egységének biztosításához. Nem beszélve arról, hogy a különböző tartószerkezeti elemek, illetve tartószerkezeti rendszerek viselkedésének és egymásra hatásának megismerése lényegesen formagazdagabb, nagyobb szabadsággal teli megvalósítható lehetőséget teremt a tervező építész alkotó palettáján. Ezek után joggal merül fel az a kérdés, hogy mik ezek – az építész által is befogadható – szükséges ismeretek, melyek egyben elégségesek is.

Generációs különbségek és kihívások

A pszichológusok már rég használják a különböző generációs kifejezéseket, melyek kiindulási alapja a William Strauss és Neil Howe nevéhez köthető generációs elmélet. Valójában itt arról van szó, hogy bizonyos időintervallumokhoz tartozó emberek – igen leegyszerűsítve – azonos jellegű környezeti hatásaiknak köszönhetően, nagyon hasonló tulajdonságokat mutatnak. Vagy másképpen megközelítve, az eltérő generációk különböző típusú embercsoportokat reprezentálnak. Természetesen az egyes egyénekre lebontva vannak hasonlóságok, esetleg fellelhetők azonos tulajdonságok is, de egy-egy generációhoz tartozó egyének összességére általában véve többnyire megegyező viselkedési tulajdonságok a jellemzők. Mindezek egy-egy csoport korszakaihoz tartozó eltérő trendek, technológiai, valamint gazdasági és politikai környezeti hatások egyre gyorsuló változásainak következményei. A különféle szocializáló környezetnek megfelelően másféle értékrendek és viselkedési minták alakulnak ki, melyek ezekhez igazodó, már alapjaiban is eltérő oktatási struktúrákat kívánnak meg.

A generációk közti különbségek egyik legmeghatározóbb formálója az utóbbi évtizedek felgyorsult világa, a digitális információáramlás hatása. A becslések szerint az 1960-as években egy átlagembert érő napi információmennyiség mindössze néhány megabájt (MB) lehetett, a mai a kb. **34–100 GB**- tal ellentétben, vagyis ma nagyságrendileg akár 30.000 –szeres adathalmaz is érheti az embereket. Ez a változás azonban nemcsak a mennyiségről szól, hanem arról is, hogy az agyunk kénytelen volt átállni a **felületesebb, gyorsabb információfeldolgozásra**, hiszen az evolúciós változások sebessége nagyságrenddel elmarad az információmennyiség növekedési ütemétől, vagyis agyunk kapacitása sem nőtt meg, így kénytelen-kelletlen a befogadó mechanizmus drasztikusan megváltozott, hogy az ember képes legyen talpon maradni a beáramló gigabájtok ellenére. Vagyis a tárolandó adatmennyiség korlátozódik, s belép a **felejtés, a szelektálás** és az **egyszerűsítés** mechanizmusa. Ez azonban ellentmond a mai egyre részletesebb, pontosabb, széleskörűbb követelményrendszereknek, oktatási elvárásoknak. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük a generációk közötti kommunikációs és tanulási eltéréseket.

A korábbi és fiatalabb generációk közötti alapvető különbség, melyet az oktatás terén is figyelembe kell venni:

Boomerok és X generáció / **Analóg** generációk:

agyuk türelemre és lassú válaszreakciókra van huzalozva

Kommunikáció: személyes, formális, telefonos
Tanulás: lineáris, könyvalapú, tekintélyelvű

Y, Z, Alfa generáció / **Digitális** generációk:

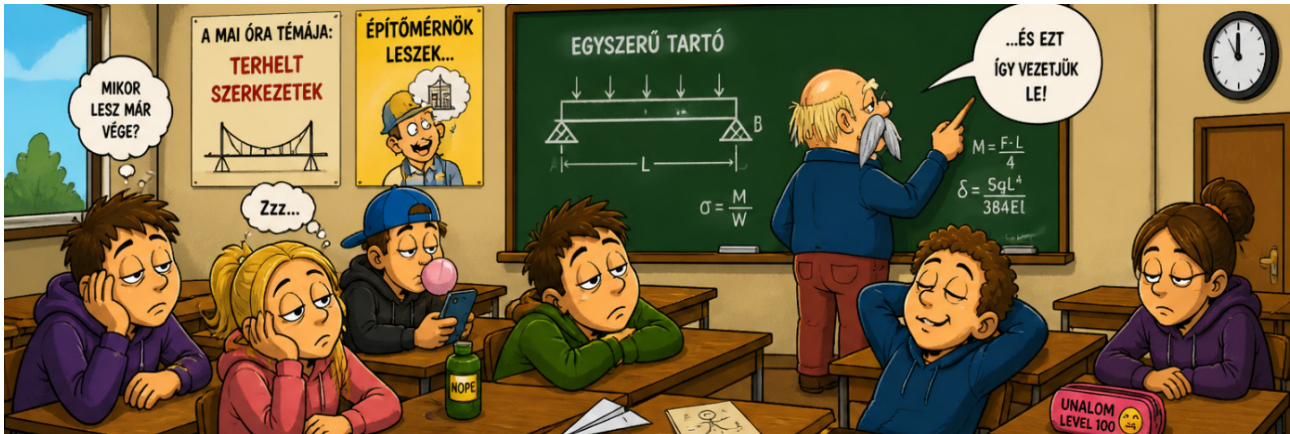
agyuk gyors ingerekre, azonnali visszacsatolásra szocializálódott

Kommunikáció: digitális, azonnali (chat), informális
Tanulás: párhuzamos feladatvégzés, videóalapú, kritikus szemléletű

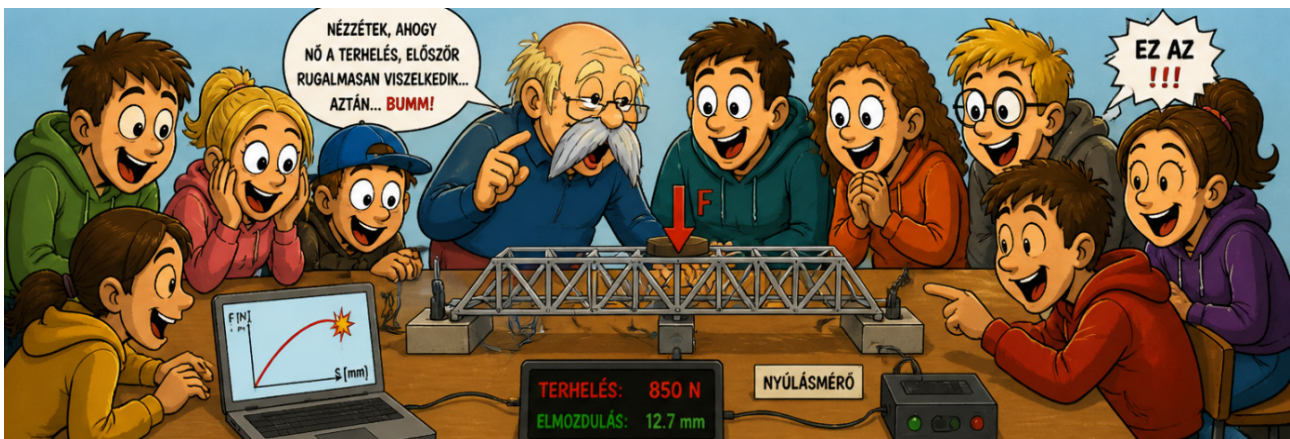
A mai világban a rendkívül gyors technológiai és generációs változások közepette az oktatás erőn felül is csak néhol képes a kihívásoknak megfelelni. Nem csoda, hiszen a mai diákok mindegyike már oly korban született, hogy egyetlen évet sem élt a Google, illetve „világháló” nélkül. Ezzel szemben akik tanítják őket, ma még kivétel nélkül a múlt században nevelkedtek, alapjaiban más trendek mentén. Azonban a mai diákokkal szemben más elvárásokat kell támasztanunk, az ő értékrendjük szerint kell megfogalmaznunk, amikkel ők is tudnak azonosulni, mert különben áttörhetetlen falakba ütközünk.

Hogyan érdemes hát tanítani, és hogyan építsük fel a jó tanmenetet. Ahhoz, hogy mind ezt profin végezzük, igazodnunk kell a generációs mintákhoz és elvárásokhoz. Mivel a Z generáció tagjai az élményeket

keresik és képekben gondolkodnak, a hagyományos, előadás-alapú tanítás, vagyis a frontális oktatási módszerek náluk egyszerűen nem működnek. Tévedés azt hinni, hogy az új generációk tagjai nem elég koncentráltak, csupán nem képesek figyelni egy olyan órán, ami már nekünk is unalmas volt!

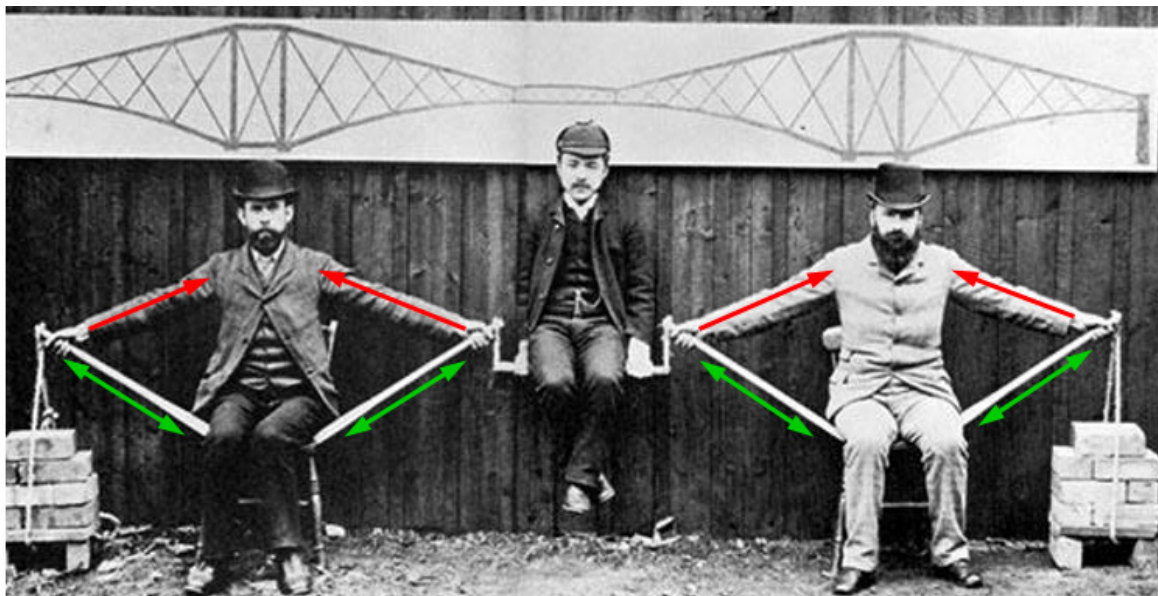


Vagyis az oktatási módszertannak is alkalmazkodnia kell hozzájuk, miközben előtérbe kerül a logikus, rendszerszemléletű gondolkodásmód, a kifejezőkészség, valamint a kreatív és design-alapú megközelítések fejlesztése. Olyan tartalommal érdemes megszólítani őket, amely leköti a figyelmüket, egyúttal valódi értéket és élményt nyújt. Ha elveszítjük a figyelmüket, az a legbiztosabb jele annak, hogy a mondandónk nem találkozik az igényeikkel. Ez egyben önreflexióra is készítet minket: képesek vagyunk-e a tudást számukra is vonzó és hasznosítható formában tálni?



Milyen mintákat kövessünk?

Hogyan lehet például az építészetben a numerikus feladatok helyett szemléletessé tenni a tartószerkezetek szerepét, tulajdonságait és viselkedését? Nos, erre számos kiváló példát ismerünk, melyek nem csak a tervezők szerepét könnyítették meg a szerkezeti modell viselkedésének, alakváltozásainak, vagy különböző hatások következményeinek tanulmányozásával, hanem a laikus befektető számára is igyekeztek érthető magyarázatot adni, az újszerű szerkezeti kialakítások teherbíró működésére, létjogosultságára. Ilyen volt például, ahogy a XIX. század végén a kelet-skóciai Firth of Forth vasúti hidjának tervezői bemutatták a konzolos gerendák elvén működő hídkonceptiójuk erőjátékát. Így a hídon a feszítés és nyomás használatának szemléltetésére 1887-ben egy demonstráción Kaichi Watanabe japán mérnököt tartották meg maguk a tervezők: Fowler és Baker. Ők ketten a konzolokat szemléltetik, ahogyan karjaik megfeszülnek, a rudak pedig összenyomódva, a téglák pedig a konzolvégi oszlopokat helyettesítik, amelyeket öntöttvassal nehezítettek.



Fowler és Baker (Firth of Forth vasúti híd) szemléltető kísérlete

A szerkezeti erőtérképek modellezésére, illetve demonstrálására talán ma is követendő példa, ahogyan a XX. században is többen próbálkoztak a tartószerkezetek geometriájának és erőtérképének modellezésével, szemléletes megjelenítésével. Úgy, ahogyan mérföldkő volt az építészetében Frei Otto aki új perspektívát nyitott előttünk, de hasonlókat láthatunk Antoni Gaudi munkásságában is.



Frei Otto (München, Olimpiai Stadion) és Antoni Gaudi (Colònia Güell) modell kísérletei

Ilyen irányba mutató volt Polónyi István „Teherhordó vonalak – teherhordó felületek” című kiállítása – Dortmund, Hamburg, Berlin és München után – 2016-ban a debreceni - MODEM-ben. A tárlat megmutatta Polónyi különböző építészeti formákra, problémákra kidolgozott változatos konstrukciós megoldásait egyenes teherhordó vonalak, vagy ívelt felületszerkezetek esetében. Interaktív modellek alapján válhattak érthetővé a teherviselések alapvető működési mechanizmusai és azok átültetésének szemléltetése a tartószerkezetek esetében.



Polónyi István „Teherhordó vonalak – teherhordó felületek”

Polónyi Istvánt már a 70-es években – még a digitális világ és a mesterséges intelligencia előtti időben – a német építészeti oktatás reformátoraként, a Dortmundi modell megalkotása során az alábbi gondolatok vezérelték:



„Azt kérdezték tőlem, hogyan képelem el a hallgatók képzését ezen a területen. Azt feleltem, hogy az általam felkínált, túlságosan száraz mérnöki statika véleményem szerint túl sok statikai egy építész számára és ehelyett inkább többet kellene a tartószerkezetekről, a tartók viselkedéséről, a konstruktív kialakításról és a különböző tartószerkezetek gazdaságáról a tapasztalatokat átadni, és ennek megfelelően az előadások anyagát 6 szemeszterre tagoltam. Előadásom meggyőzte a bizottságot, és meghívtak professzornak.”

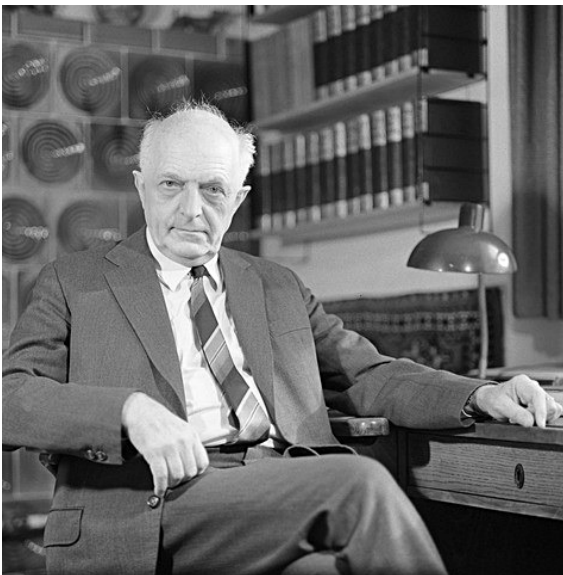
„Egy épület tartószerkezetének megtervezése nem abból áll, hogy a megtanult szerkezeti elemeket egymás mellé illesztjük, illetve hogy külön vizsgálva egyes helyeket igénybevétel fajtánként beépítjük a tervezési feladatunkba. Egy épület tartószerkezeti elemét komplexen kell vizsgálni, mert a feladat a térmeghatározó terület kialakítása úgy, hogy az biztonsággal tartsa alakját, illetve megtervezett formáját, a szükséges és elégséges alátámasztás mellett.”

/ Polónyi István – Fotó: Dezső Zs. Debrecen, 2016. /

Ezek azok az örökségek, melyekhez hasonlókat kellene megvalósítanunk, oktatásunkba beemelnünk.

Ma már a rendelkezésre álló végeeselemes szoftverek segítségével – kis kompromisszumok mentén – tetszőleges kialakítású szerkezet teherbírási viselkedését modellezhetjük, a létrejövő belső feszültségeket és alakváltozásokat számszerűsíthetjük. Vagyis szinte bármit ki tudunk számolni. De, a végeeselemes szimulációk gyakran elfedik a valós korlátokat (ideális elméletekre épülnek, míg a valóságban ideális állapot nem létezik), a mérnökképzés pedig nem ad elegendő rutint a hibák felismeréséhez. A 'ránézésre' való ellenőrzés képessége generációs ürbe vész, ami a jövőben tervezési kudarcokhoz és az építőipar rendszerszintű bizonytalanságához vezethet.

Kollár Lajos már 2000-ben (MTA folyóirata, 2000/10. sz. - Műszaki Tudomány és Változó Világ) felhívta a figyelmet arra, hogy:



„A műszaki szakmákban is fennáll a veszélye annak, hogy az ember rabjává válik a számítógépnek: nagy a kísértés, hogy ne gondolkozzék, hanem vakon bízzék a számítógépben. Ennek már nem egy építmény látta a kárát. Ebből is kitűnik, hogy a technika fejlődésével párhuzamosan az emberi tudásnak, gondolkodásnak is fejlődnie kell, hogy ellenőrizni tudja a számítógép eredményeit.”

/ Kollár Lajos – Fotó: G. Fábri Zsuzsa, 1990. /

A számítás sohasem tükrözheti teljesen pontosan a valóságos szerkezet viselkedését, többek között már ezért is a mérnöki gyakorlatban sohasem merült fel a pontosság igénye. Így a pontos számításnál sokkal nagyobb a jelentősége az erőjáték szemléletes követését, s ezzel a megvalósíthatóság megítélését lehetővé tévő képességeknek, az oktatásban és a gyakorlatban

megszerzett szemléletes, gyakorlati tudásnak. Ilyen helyzetben még fontosabb, sőt nélkülözhetetlen, hogy az oktatásban is megjelenjen a mérnöki szemléletformálás, mégpedig oly módon, mely fejleszti a statikai működést átlátó mérnöki szemléletet, segítséget nyújtva ezzel a tartószerkezetek főbb szerkezeti elemeinek méretfelvételéhez is.

Milyen szempontok mentén tanítsunk?

A Z generáció oktatása alapvető paradigmaváltást követel, mivel az ő agyuk már a digitális multitaskingra, illetve a szerteágazó figyelemre és a gyors válaszreakciókra huzalozódott. Oktatásuk nem a tudás átadásáról, hanem az élmény és a hasznosság menedzseléséről szól. Mindezek figyelembevételével a következő, javasolható szempontok – a 4 M szabály – mentén célszerű tanítani őket:

1. **Mikrotanulás:** Ne tarts kiselőadást, felejts el a hosszú magyarázatokat. Párperces blokkok, sok kép, nulla sallang. Építs ki tudáshálózatot, az első másodpercekben tisztázva, hogy mi ennek az értelme, illetve, hogy mire jó ez nekik.
2. **Motiváció:** Vond be őket a megismerés és felismerés tanulási folyamatába. Vigyél játékosságot a rendszerbe és motiváld őket az önálló és kreatív munkára folyamatos visszajelzés mellett.
3. **Mentorság:** Ne katedráról beszélj, hanem mellőlük. Nem te vagy a lexikon, csak irányítasz, de tanítsd meg nekik kiszűrni az igazat az információs zajból.
4. **Mobilitás :** Lehetőleg legyen az anyag okostelefonon is emészthető, és adj választást a feladatok teljesítésében.

Összességében tehát az építész statika tanításának Polónyi féle újragondolását is gyökeres változásra készíti, már ez is „túl sok statika egy építész számára és ehelyett inkább többet kellene a tartószerkezetekről, a tartók viselkedéséről, ... átadni” – még többet, vagy csak azt. Pont úgy, ahogy azt a „Z” generáció befogadni képes.

Érdekes, hogy hasonló modell-kísérletek és tapasztalás alapú oktatás már az 1970-80 –as években is volt a stuttgarti egyetemen, melynek udvarán állt Otto Frei sajátos formájú, függesztett kábeltetős műhelye,



Jörg Schlaich tanszéke mellett. Nem csak a tanszék önálló épülete, hanem az ott látott egyszerű kísérleti modellek sokasága is sugározta a vizuális megtapasztalás kutatási és tanulási módszerét. A téglalobozattól a legkülönbözőbb függőtetőkig, volt szinte minden. Így többek között a müncheni olimpiai stadion gézből kialakított tetőszerkezeti modellje is, mely az önsúlyra beállt geometriával csupa húzott elemből állt.

Frei Otto hallgatóival egy kísérleti modell fölött

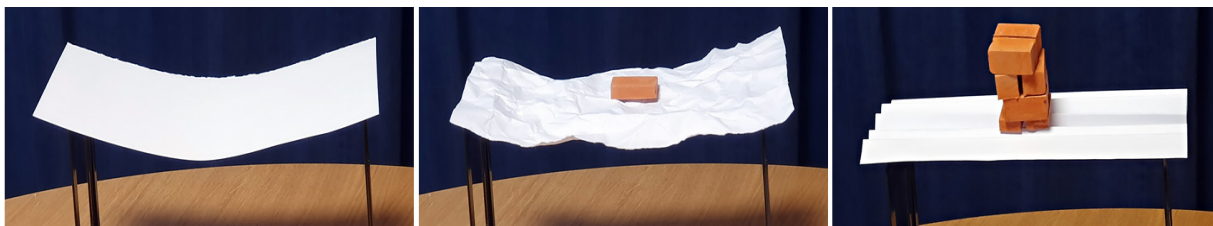
Ehhez, a tartószerkezetek új szemléletű megközelítésére épülő, a tervezéshez szükséges szemlélet, illetve „rutin” megszerzéséhez szükséges oktatási módszerhez próbálok eligazodást és segítséget nyújtani a tartószerkezetek viselkedésének logikáján keresztül. A megoldások során igyekezni kell szinte mindent jól követhető kísérleteken át bemutatni, illetve szemléltetni. A kísérleteket és magyarázatokat úgy állítsuk össze, hogy játszva, vizuálisan, valóságként demonstrálják a tartószerkezetek viselkedését, különösebb képzettség nélkül is érthető és követhető formában, valamint, hogy kíváncsiságot ébresszenek, és erős motivációt adjanak az érdeklődés terén további kísérletek elvégzéséhez a hallgatóknak.

Mindezekhez segítségül különböző szerkezeti modellépítő rendszerek használhatók, melyekkel interaktív módon, a valós struktúrák viselkedését szimulálva könnyen életre kelthetők az egyszerű, de még az összetett tartószerkezeti rendszerek is. Az esetek többségéhez megfelelő pl. a Mola Structural Model, számtalan kiegészítő, speciális problémát modellező rendszer mellett. Több szerkezeti modell összeállításával az ilyen rendszerek lehetővé teszik a különböző szerkezeti koncepciók elemzését és megértését is, így vizuálisan is megtapasztalhatjuk a szerkezeti viselkedést: a stabilitás; elmozdulás és deformációk, illetve alakváltozások; a különböző terhelési típusokra adott válaszok; eltérő peremfeltételek melletti viselkedés; a forma befolyása és egyes összeszerelési folyamatok esetében is.

Az így megszerzett statikai ismeretek javarészen olyanok, melyek elsősorban az erőjáték és a tartó viselkedésének megértésére összpontosulnak, és semmiesetre sem számítási ismeretekből állnak. De természetesen a szemléletformáló, vizuális bemutató példák előtt tisztázni kell a tartószerkezetek fogalmát, szerepét és a tartószerkezetekkel szemben elvárt követelményeket, s némi szilárdságtani alapismeretek megszerzése sem nélkülözhető.

Példák a modell-alapú oktatási gyakorlatból

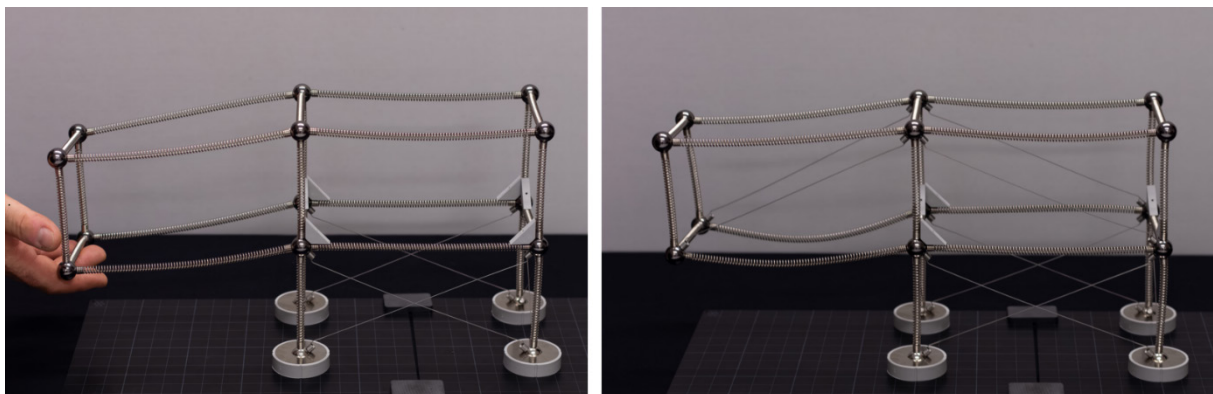
A merevség szemléltetésére talán jó példa egy egyszerű papírlap, melyet középen megterhelünk. Minél merevebb a lap, azaz minél „erősebb” a keresztmetszete, annál nagyobb terhet képes megtartani. De ez mitől is függ? Részben, hogy mi az anyaga, azaz mennyire „erős”, illetve rugalmas, de természetesen függ a keresztmetszet méretétől, annak kialakításától is. Vagyis ezek a paraméterek befolyásolják a szerkezetek deformációját, alakváltozásait és többnyire stabilitásukat is. Erre jó példa az alábbi három minta, a három azonos statikai vázú, azaz azonos megtámasztású és fesztávolságú kéttámaszú tartó, melyeknek csak keresztmetszeti kialakítása eltérő: „sima”, „gyűrött”, valamint „hajtogatott” papírlap formájában. Egyszerű kísérlet, a statika alapjainak, a tartószerkezetek viselkedésének megértéséhez.

a.) *sima,*b.) *gyűrött*c.) *hajtogatott*

Kéttámaszú papírlapok alakváltozásának összehasonlítása

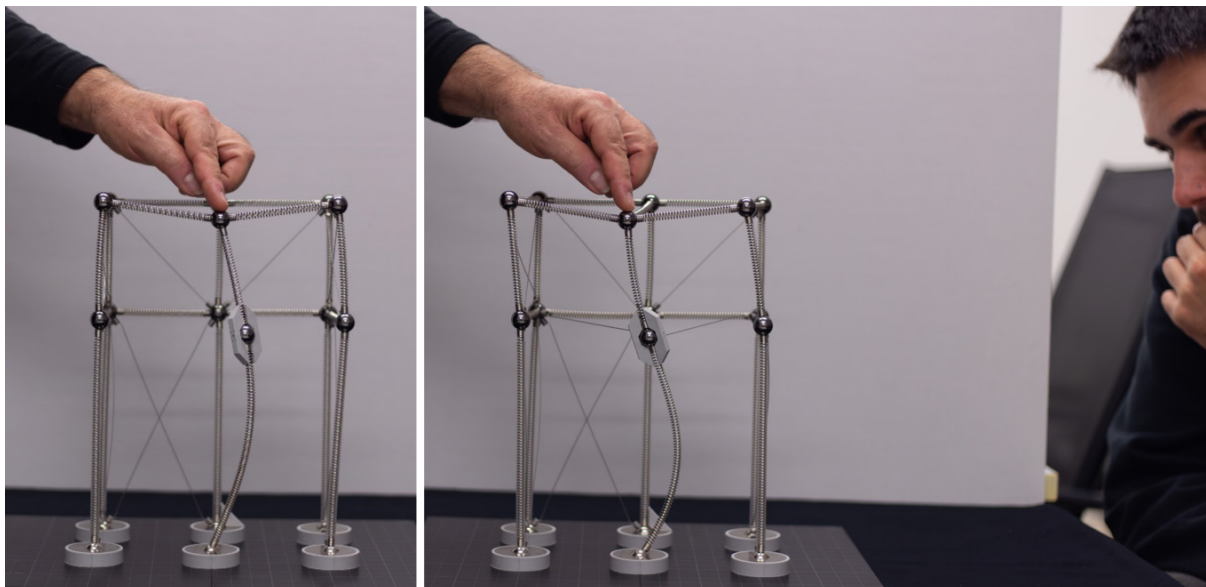
Ezek láttán gondolhatjuk, hogy a statika nem is olyan bonyolult. És valóban, egy gyakorlott, nagy tapasztalatú mérnök számára egy ceruza és egy papírlap is elég ahhoz, hogy elégséges biztonsággal bármit meghatározzon, vagyis alkosson. De, valójában a „gyűrött” szerkezet optimális geometriájának, illetve inerciájának, vagyis merevségének kellő pontosságú tudatos meghatározása már komolyabb feladat, melynél nehezebbet keresve is csak elvétve találunk.

Néhány egyszerű példát kiragadva érzékeltetném, hogy megfelelő modellek hogyan adják vissza a tartószerkezetek viselkedését és hogy már a modell építése közben is számos ismeretre lehet szert tenni, különösen az átmeneti állapotokra jellemző stabilitások terén.



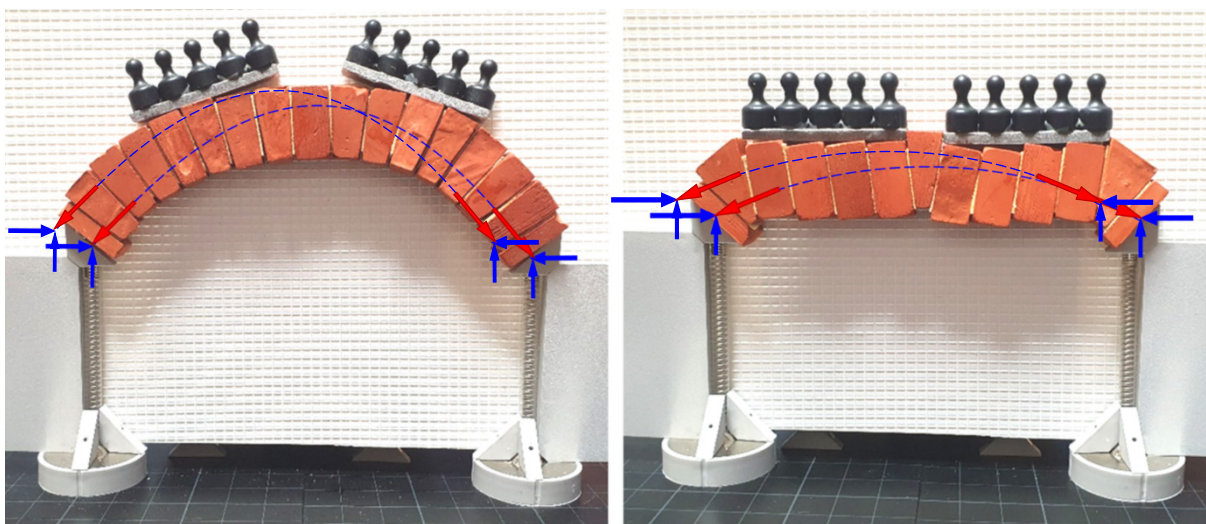
A konzolos épületrész modellezése során, a födém és faltárcsák beépítését megelőzően érzékelhető a konzolos elem ideiglenes instabil állapota, és az is, hogy függeszto és hátrahorgonyzott rudak beépítésével hogyan stabilizálható. Jól láthatóan megjelenik az alsó nyomott elemek, illetve gerendák kihajlása, valamint kitapintható kihajlási érzékenységük.

A különböző közbenső oldalsó megtámasztású magas oszlopok modellezése során hasonlóan jól látható és érzékelhető a teherbírást meghatározó karcsúság, illetve kihajlás változása és annak hatása. Eltérő megtámasztási viszonyok esetei összehasonlíthatók, és értékelhetők, hogy milyen közbenső megtámasztó, illetve merevítő rendszer szükséges a stabilitáshoz vagy éppen a nagyobb teherbíráshoz.



Hagyományos falazott donga és „egyenes” téglaboltozatok modelljein tapasztalhatjuk, hogy a téglaboltozat mikor áll stabilan, illetve hogy a stabil állapot feltétele a támaszok kellő merevsége (melyet itt egy-egy „faltárcsa” elem biztosít). A modell építése közben több érdekesség is megfigyelhető, illetve jól érzékelhető. Az egyik ilyen, hogy a támaszok apró elmozdulása is jelentősen befolyásolja a boltozat állékonyságát és, hogy csak az összes elem „befeszülését” követően válik a boltozat teherhordóképessé, valamint hogy a boltozat oldalsó megtámasztása nélkül a boltozat síkjára merőlegesen kihajlik, vagyis kibicsaklik. Ez mind megnehezíti a modell építését, de egyben valósághűen szimulálja a boltozat viselkedését.

Szembevetendő a példán az is, hogy a modell elemeit alkotó – valós kerámia anyagú – téglák között elhelyezett szarvasbőr „habarcsréteg” életszerűbb modellt eredményez, vagyis a réteg biztosította tehereloszlás és tapadás pozitív hatása is felfedezhető, markáns különbséget mutatva az építés során.

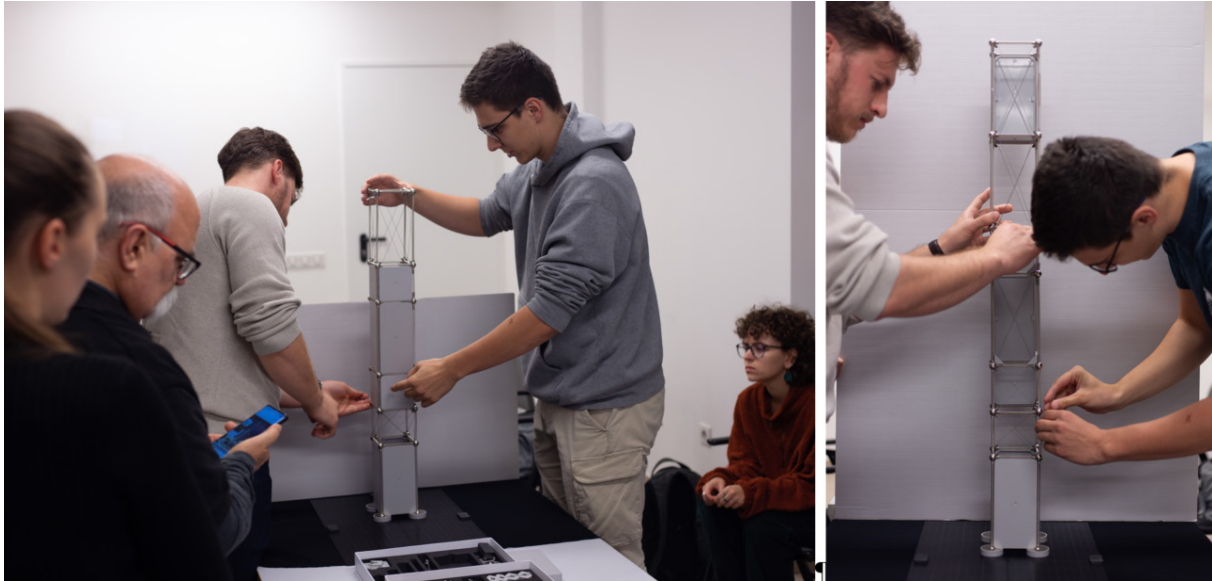


A bemutatott példák is bizonyítják, hogy a kísérleti modellek nem csupán illusztrációk, hanem a komplex statikai összefüggések (stabilitásvesztés, alakváltozás, teherátadási folyamatok) érzékelhető leképzései. Ha a hallgatók a saját kezükkel érzik egy gerenda kihajlását vagy egy boltozat befeszülését, az olyan „aha-élményt” ad, ami egy életre beépül a tervezői rutinjukba.

Zárszó: A jövő mérnöki szemlélete

A XXI. századi építészköztetés legnagyobb kihívása nem az információ átadása, hanem a figyelem megragadása és a valódi megértés elérése. A fotókon látható közös munka a legjobb bizonyíték arra, hogy a statika száraz képleteit élettel teli tapasztalattá lehet gyúrni, vagyis a tartószerkezetek logikája nem képletekben, hanem a megélt tapasztalatokban rejlik. A közös építés és a modellek fizikai válaszreakciói olyan mély, ösztönös tudást adnak a Z generáció kezébe, amelyet semmilyen szoftveres szimuláció nem pótolhat.

Ha képessé tesszük a hallgatókat arra, hogy ne csak nézzék, hanem értsék és „érezzék” is az erőjátékot, akkor nem csupán mérnököket képzünk, hanem magabiztos alkotókat, akik a digitális világ eszközeit már biztos mérnöki intuícióval felvértezve fogják irányítani. Ne feledjük: a mesterséges intelligencia korában a mérnöki megérzés és a józan paraszti ésszel való ellenőrzés képessége felértékelődik. A jövő tanterme tehát nem egy katedra, hanem egy műhely, ahol a tudás élménnyé, a tapasztalat pedig alkotóerővé válik.



A mottó: „Ne oktasd, vond be őket, hogy átélhessék:
élményből látni, tapintásból érteni!” – ez a jövő tanterme.

Felhasznált irodalom

- [1] Liska A. & Koroknai E. & Dezső Zs.: *A Polónyzmus Debrecenben – Tartószerkezetek Művészete*. HBMMK, Debrecen, 2016.
- [2] Szép J.: *Tartó(szerkezete)k Tervezése II.* – Széchenyi István Egyetem, e.a. 2018.
- [3] Kollár L. & Vámosy F.: *Mérnöki alkotások esztétikája* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1996.
- [4] Kollár L.: *Mérnöki Tudományok, Mérnöki Közéletés* – MTA, Budapest, 1991.
- [5] Kollár L.: *Mérnöki építmények és szerkezetek tervezése* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.
- [6] Kollár L.: *Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe* – BME Építésmérnöki Kar, Budapest, 2008.
- [7] Polónyi S.: *Bearing Lines – Bearing Surfaces* – Edition Axel Menges, Stuttgart, 2012.
- [8] Dezső Zs.: *Tudomány vagy Művészet?* – Debreceni Szemle, 2014.
- [9] Dezső Zs.: *Koncepcionális tervezés az építőmérnöki gyakorlatban –ÉPKO XXVII., ÉMT, Csíksomlyó, 2023.*
- [10] Steigervald K.: *Mindent a generációkról 2. rész (Baby boomerek)* – Friderikusz Podcast, 2024.
- [11] Steigervald K.: *Mindent a generációkról 3. rész (X-, Y- Z-, Alfa-generációk jellemzői)* – F.P. 2024.
- [12] Steigervald K.: *Mit érdemes ma tanulni, avagy a jövőre készít fel az iskola?* – WMN, Budapest, 2019.
- [13] Steigervald K.: *„A szülői generációk harca – Hogyan értsük meg magunkat?”* – Kölcsey Kp, Debrecen, 2026.