

# FÖLDALATTI STRUKTÚRÁK TERVEZÉSI FOLYAMATÁNAK BEMUTATÁSA

*Szalai János mk. alezredes*  
*HM Ingatlankezelési Hivatal*  
*kiemelt főtitzt*

## **Összefoglaló:**

Tanulmányomban összehasonlítom Amerikai Egyesült Államok Speciális Fegyverek Védelmi Ügynöksége (DSWA)<sup>1</sup> által megjelentetett „Technikai Kézikönyv a Védett (megerősített) Építmények Tervezéséhez és Elemzéséhez Hagyományos Fegyverek Hatásai ellen” (DAHS CWE)<sup>2</sup> című kézikönyvben (továbbiakban: Technikai Kézikönyv) szereplő földalatti struktúrák tervezési folyamatát, a magyar kézikönyvekben szereplő - orosz szakirodalomból adaptált - földalatti struktúrák tervezési folyamatával, a teljesség igénye nélkül.

## **A struktúra amerikai módszerrel történő tervezése:**

**I. A folyamat első fázisa** a tervezési alapoknál kezdődik (1. számú ábra)<sup>3</sup>, amelyhez meg kell határozni a mértékadó támadó fegyverek fajtáját, ismerni kell hatásukat, egyáltalán a fenyegetés mértékének tisztázása.

A mértékadó követelmények az alábbiak:

1. Tervezés előkészítése.
2. Alkalmazási követelmények meghatározása.
3. A tervezés alapjai (3. fejezet):

---

<sup>1</sup> DSWA: Defense Special Weapons Agency

<sup>2</sup> DAHS CWE : Design and Analysis of Hardened Structures to Conventional Weapons Effects

<sup>3</sup> Technikai Kézikönyv a Védett (megerősített) Építmények Tervezéséhez és Elemzéséhez Hagyományos Fegyverek Hatásai ellen.

- hadműveleti követelmények;
- kockázati tényezők jellemzői;
- telepítési hely jellemzői,
- a létesítmény típusa;
- helyszínrajz;
- alaprajzi kialakítás;
- életképesség meghatározása;
- működési követelmények.

4. A fő rendszerek meghatározása.

5. Tervezés.

6. A tervezési alapok felülvizsgálata (3. fejezet):

- a működési követelmények meghatározása;
- a létesítmény típusának végleges kiválasztása;
- az előkészítési dokumentáció jóváhagyatása.

7. A fő rendszerek tervezése.

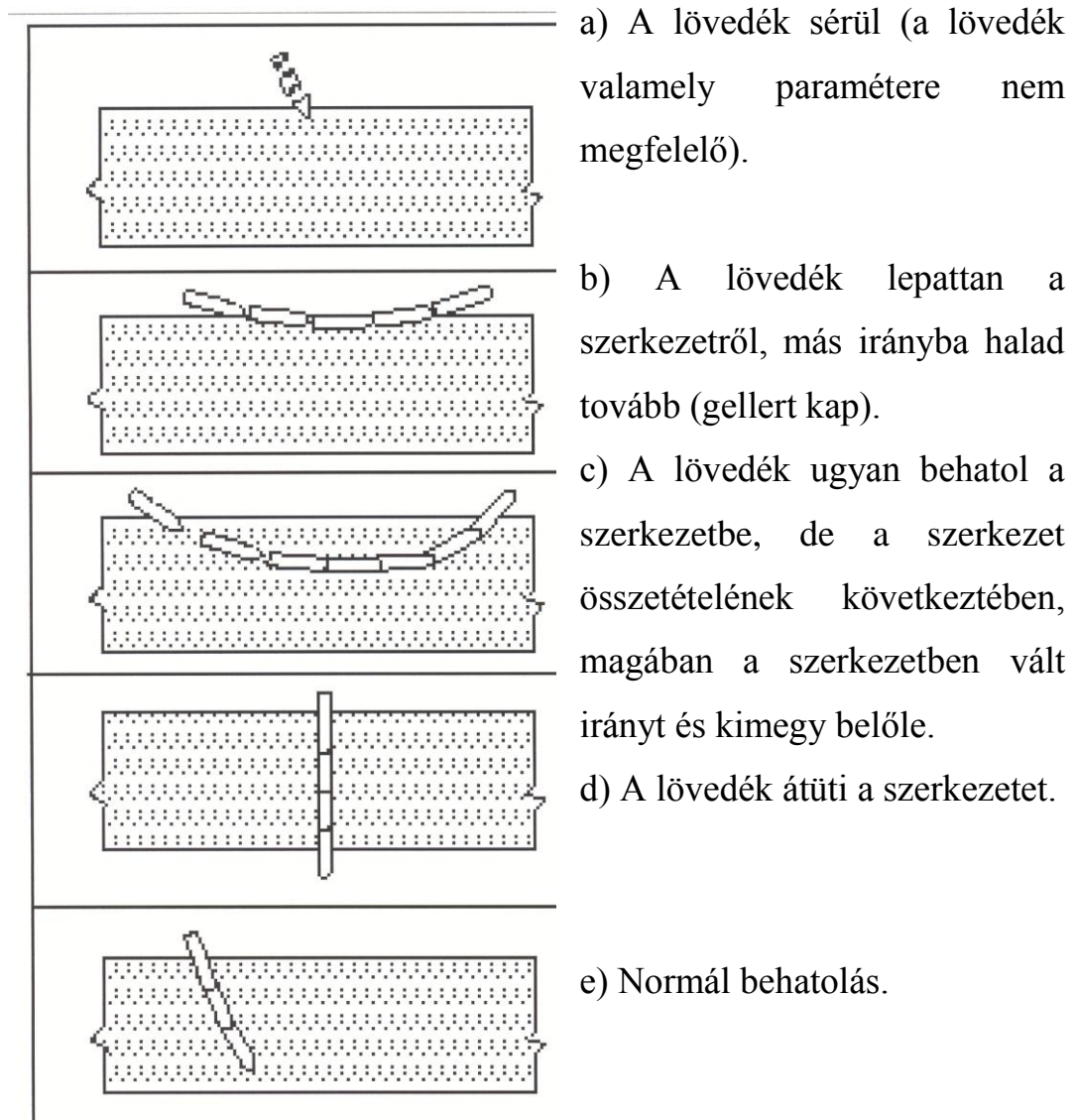
8. Utómunkák:

- a működési követelmények teljesülésének ellenőrzése;
- az életképesség meghatározása.

A **II. tervezési fázis** annak a vizsgálatnak az elvégzése, mely végeredményeként el lehet dönteni, hogy szükséges-e behatolás elleni védőrendszert tervezni és kiépíteni. Ettől a ponttól a tervezés két úton haladhat tovább.

A **III. tervezési fázis** abból az esetből indul ki, amikor **nem szükséges** a behatolás elleni rendszer tervezése és kivitelezése. A Technikai Kézikönyv 6. fejezete írja elő a tervezés harmadik fázisának módját és lépéseit. A fejezet a behatolás szempontjából fontos támadó fegyvereket is tartalmazza. Ezután a

céltárgy jellemzőit ismerteti, melyet a számítások során figyelembe kell venni. A támadó fegyver és a céltárgy találkozási szögének függvényében az alábbi esetek fordulhatnak elő.



a) A lövedék sérül (a lövedék valamely paramétere nem megfelelő).

b) A lövedék lepattan a szerkezetről, más irányba halad tovább (gellert kap).

c) A lövedék ugyan behatol a szerkezetbe, de a szerkezet összetételének következtében, magában a szerkezetben vált irányt és kimegy belőle.

d) A lövedék átüti a szerkezetet.

e) Normál behatolás.

2 .számú ábra<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Technikai Kézikönyv a Védett (megerősített) Építmények Tervezéséhez és Elemzéséhez Hagyományos Fegyverek Hatásai ellen.

Az számítási metodika tapasztalati képletek, valamint elméleti számításainak alkalmazása nem problémamentes. A teljes részletes számítások az amerikai kutatóintézet termékei, melyek megrendelésre hozzáférhetők.

Példaként egy egyszerűsített számítást mutatok be a behatolás mélységének meghatározására a könnyebb megértés érdekében.

Támadás esetén figyelembe kell venni, hogy a lövedék robbanhat a talajban és elérheti a talaj szerkezetét, így valamekkora behatolási mélységgel kell számolni.

Ebben az esetben két esetet kell vizsgálni. Az egyik a réteges talajba (közegbe), a másik a homogén talajba (közegbe) való behatolás. A behatolási mélység homogén közeg esetén a következő képlettel számítható.

**Homogén közeg esetén:**

$$l_{pr} = \lambda_1 \lambda_2 k_{pr} (p/d^2) v_o \cos (\alpha/2 + n\alpha / 2) \quad [m] \quad (1)^5$$

- ahol:  $\lambda_1$  — a töltet fejrésze formájának együtthatója,  
 $\lambda_2$  — együttható, amely a töltet átmérőjétől függ,  
 $k_{pr}$  — a közeg behatolással szembeni ellenállásának együtthatója, amelynek értékeit különféle anyagokra állapították meg,  
 $p$  — a töltet tömege [kg],  
 $d$  — a töltet legnagyobb keresztmetszeti átmérője [m],  
 $v_o$  — a töltet sebessége a becsapódás pillanatában [m/s].  
 $\cos \alpha$  — a becsapódás szöge [fok]

Maga a képlet empirikus, melyet sok belövés számításaként alkottak meg a kutatók.

---

<sup>5</sup> Szerzői kollektíva: Segédlet a speciális erődítési létesítmények méretezéséhez. Honvédelmi Minisztérium MN Beruházási és Fenntartási Főnökség. Budapest, 1989.

### Réteges közeg esetében:

$$x = \lambda_1 \lambda_2 k_{pr} p_t / d_t^2 (v_0 - v_x) \quad [m] \quad (2)^6$$

ahol:  $x$  — a töltet által megtett behatolás kezdetétől számított út

A számítási sorozatot folyamatában kell elvégezni, mert többrétegű közeg esetében ( $v_x, v_{x1}, v_{x2}, \dots, v_{xn}$ )-el kell számolni.

Az (1) és a (2) képlet közötti különbség az, hogy réteges közegnél a képlet figyelembe veszi a lövedék előző rétegben fellépő sebességét ( $v_x$ ). Lényeges még ezen kívül a töltet tömege és a töltet átmérője.

A **IV. tervezési fázisban** a szerkezeti vastagság meghatározását átütés vagy leválás esetére kell meghatározni.

$$r = p_t k \sqrt[3]{l_{pr}} - d_t \quad [m] \quad (3)^7$$

ahol:  $r$  — leválási sugár [m]

$p_t$  — robbanótöltet tömege [kg]

$k$  — együttható (mely lehet átütésre és leválásra, ezek táblázatból adottak), dimenzió nélküli

$l_{pr}$  - behatolás mélysége [m]

$d_t$  - töltet átmérője [m]

---

<sup>6</sup> Ugyanaz mint a 5.

<sup>7</sup> Ugyanaz mint a 5.

A Technikai Kézikönyv a 3. 6. és a 10. fejezetekben lévő számítási eljárásokra és instrukciókra utal. A fejezeteket röviden ismertetem.

A 3. fejezet leírja, hogy szükség van a tervezési alapokra, a hadműveleti követelményekre és a mértékadó fegyverekre vonatkozó információra. Szükséges továbbá a telepítési hely jellemzőinek ismerete és a létesítmény típusának kiválasztása, mely lehet földalatti, földfeletti vagy alagút struktúra. Jelen esetben a földalatti struktúra tervezési folyamata áll a vizsgálat középpontjában.

Ismerni kell az építési terület alaprajzát (gen plan) és a védett létesítmény alaprajzi kialakítását. Ezek az információk szükségesek ahhoz, hogy a védelmi célú tervezést végre lehessen hajtani.

A 6. fejezetet már a harmadik tervezési fázis ismertetésénél leírtam.

A **X. tervezési fázis** mely egyben a 10. fejezetet tartalmazza a szerkezeti elemek viselkedését tárgyalja. Minden szerkezeti elem úgy van tervezve, hogy valamilyen deformációt szenved a támadó fegyver csapása során. A megengedett deformációt a szerkezet határozza meg. Minden szerkezeti elemhez egy olyan határfeszültséget kell hozzárendelni, amely még biztosítja annak működőképességét. Az ennek megfelelő méretezés egy számítógépes program segítségével történhet. Ehhez meg kell adni a kezdeti (minimális) szerkezeti vastagságot, melyet a III. és IV. tervezési fázis tartalmaz.

Az **V. tervezési fázis** a vizsgálat azon részét tartalmazza, melynél döntés született a **behatolás elleni rendszer szükségességéről**. A folyamatábra elemzését ezen irányban haladva mutatom be.

A Technikai Kézikönyv ebben az esetben egy további számítási folyamatot mutat be. Több útvonalon lehetséges a haladás.

Ezek sorra a következők:

- 1) Belső leválás elleni szerkezetre való tervezés;
- 2) Abban az esetben, ha a szerkezet fölött kőrakás van;
- 3) Nagyszilárdságú beton esetére;
- 4) Robbantóréteg vagy réteges földem kőrakással, vagy valamilyen nagyszilárdságú betonnal együtt alkalmazva.

A **VI. tervezési fázis** a robbanás helyének és távolságának meghatározására szolgál. Ezt szintén a már ismertetett Technikai Kézikönyv *6. fejezete* tartalmazza. Itt történik tulajdonképpen a támadó eszköz találati pontosságának meghatározása.

A **VII. tervezési fázis** a talajban fellépő szeizmikus hatásokra történő méretezés egyes kérdéseit tárgyalja, mely a Technikai Kézikönyv *8. fejezete*.

Két mértékadó eset lehetséges:

- 1) A támadó eszköz a beton szerkezet mellett robban és nem hatol be csak a talajba vagy a beton alá.
- 2) A támadó szerkezet behatol a betonba is.

A szeizmikus hatás nagysága függ:

- a robbanó töltet tömegétől, valamint a szerkezettől mért távolságától;
- a támadó eszköz formájától és a szerkezethez képesti helyzetétől;
- a robbanó anyag típusától;
- a talaj mechanikai tulajdonságaitól;
- a geológiai rétegződéstől és a talajvíz magasságától;
- behatolási mélységtől (lásd III. tervezési fázis).

A hatféle tényező közül a talaj mechanikai tulajdonságai prognosztizálhatók a legnehezebben.

A **VIII. tervezési fázis** a szerkezetben fellépő szeizmikus hatásra történő számításokat tartalmazza, mely egyben a Technikai Kézikönyv *9. fejezete*. A talaj összetételétől függően a robbanás következtében kialakuló hullámok a talajban tovább terjednek. Ha a robbanás az oldalfal mellett történt, a nyomóhullám hatására a megmozdult falszerkezet következtében a technikai rendszerek is elmozdulhatnak. Tehát a mozgás a szerkezeteken keresztül áttérjed a beépített rendszerekre is. Hasonló a helyzet, ha a lövedék a beton alá fűrődik és ott robban. A hullámok megmozgatják az aljzat betont, ami áttérjed a szerkezetre.

A **IX. tervezési fázis** a szerkezeti méretezést és tervezést ismerteti. Erre a Technikai Kézikönyv *10. és 11. fejezetei* vonatkoznak. A *10. fejezet* rövid ismertetését már az előzőekben megtettem. Ebben a részben a *11. fejezetet* ismertetem röviden.

Az anyagtulajdonságok, a terhelések és a szerkezeti elemek viselkedése fogja meghatározni magának a szerkezetnek a dinamikai viselkedését. A probléma megoldása számítógépes módszerekkel történik, melyek megadják az adott szerkezeti elemre eső gyorsulási, sebességi és elmozdulási értékeket, és a támaszok dinamikus reakcióerőit. A fenti paraméterek alapján a dinamikus terhelést ekvivalens statikus terheléssé alakítja át. Ez már statikai módszerekkel megoldható.

A **XI. tervezési fázis** a kapcsolódó szerkezetek vizsgálatát két újabb folyamatára segítségével végzi. Az egyik —az érdekesség kedvéért— a földfeletti struktúrák külső falai és földémszerkezetei (3. számú ábra), a másik pedig a belső falak, közbenső földémszerkezetek és pillérek. Mind két ábra utal azokra a fejezetekre, amelyeket már az előzőekben ismertettem. Mind kettő komoly tervezési folyamat, melyet bele kel vinni a földalatti struktúra tervezési mechanizmusába.

Méretezése egyaránt tartalmazza a lökőhullámra illetve repeszhatásra a *9. fejezetben* tárgyaltakat.



A **XII. tervezési fázis** a kapcsolódó szerkezetek hatását ismerteti. Itt is a szerkezetben fellépő szeizmikus hatások (melyek származhatnak a lövedékből, a talajrengéstől és a talajrezgéstől) számítása szükséges a mechanikai igénybevételek méretezése előtt. Ebben az esetben a fő szerkezethez csatlakozó külső szerkezeti elemek, közmű alagutak, valamint a belső válaszfalak és tartó pillérek kapcsolódásáról van szó. A vonalas közművek, melyek a vízellátó és a csatornázási rendszerek külső térből becsatlakozó rendszerei, átvehetik a becsapódás hatására fő szerkezet által keltett rezgéseket. Ebben az esetben sérülhetnek a becsatlakozási (falátvezetési) pontokon a csőszakaszok. A vízbetáplálás biztosítása céljából a közmű vezetékeket mélyre helyezik, és a fő vezetéken több irányú elágazást hoznak létre a becsatlakozáshoz.

De lehetséges ennek a másik változata is. Pl. egy külső térről becsatlakozó folyosó vagy közmű alagutat ért rombolódás, milyen hatással van a fő szerkezetre. Milyen mértékben mozdulnak el a külső határoló szerkezetek? A létesítmény képes-e megtartani hermetizációját?

### **Magyar kézikönyvek által alkalmazott eljárás:**

Lényegét tekintve, az amerikai Technikai Kézikönyv által bemutatott földalatti struktúra tervezési folyamata hasonló a magyar változatban bemutatott (4. számú ábra)<sup>8</sup> struktúra tervezési folyamatához.

Az **I. tervezési fázis**, amikor is a tervezési alapok adottak, a fenyegetési módok tisztázottak, döntés született a kialakításra és az elhelyezésre.

---

<sup>8</sup> Szerzői kollektíva: Segédlet a speciális erődítési létesítmények méretezéséhez. Honvédelmi Minisztérium MN Beruházási és Fenntartási Főnökség. Budapest, 1989.

A rövid felsorolás valójában a tervezési követelményeket tartalmazza, melyek az alábbiakból állnak:

- 1) Harcászati műszaki követelmények (pl. életképesség, rendeltetés, elhelyezhető élőerő, készletekre és tartalékokra vonatkozó normák, infrastruktúra egyéb követelményei, stb.),
- 2) Technológiai követelmények (térbeli, alaprajzi elrendezések, technológiai rendszerek közműkapcsolatai, stb.)
- 3) Üzemeltetési követelmények (élet-és munkafeltételek, karbantartás, műszaki üzemeltetési követelmények),
- 4) Általános építési követelmények (építési normák és szabályok, speciális építési normák, speciális technológia kidolgozása, stb.)
- 5) Gazdaságossági követelmények (telepítés és elhelyezés, automatizálás foka, gazdaságos szerkezetek kiválasztása, gépészeti rendszerek optimalizálása, stb.)

**A II. tervezési fázis** a védelmi kritérium kiválasztása. Meg kell határozni, hogy átütésre, rombolódásra vagy leválásra (szilánk hatásra) kell-e méretezni az adott szerkezetet (mely lehet földem, folyosó, határoló szerkezet, stb).

Ez azért lényeges, mert pl. leválás esetén más követelményeket kell támasztani egy bejáratú folyosóval szemben, és mást egy technológiai rendszert tartalmazó helyiséggel szemben. A folyosót rombolódásra, a helyiséget leválásra kell méretezni.

Amennyiben nem követelmény a kollektív NBC védelem (pl. raktár helyiség esetében), abban az esetben lehet rombolódásra tervezni. Elveszítheti ugyan a hermetizációt, de funkciója megmarad. Egy vezetési terem esetében azonban a funkció is elveszik. A méretezés tehát funkció függvénye is.

**A III. tervezési fázis** az előzetes szerkezeti vastagság meghatározása.

A behatolás elleni rendszer szükségességét ennek függvényében lehet eldönteni.

Amennyiben a számított szerkezeti vastagság nagy értéket vesz föl (pl. 4m a számított érték betonra vonatkozóan), abban az esetben a kivitelezésnél ez már nem alkalmazható. A technológiai korlát miatt maximum 1m szerkezeti vastagság lehetséges. Ebben az esetben szükséges behatolás elleni rendszert tervezni.

Ezt használják továbbá abban az előkészítő fázisban is, amikor elhatározzák, hogy a létesítmény munkagödörben (tehát doboz alakú) lesz-e vagy föld alatti.

### **Befejezés:**

A részletes számítások a Technikai Kézikönyvben szereplő eljárási módokkal nem végezhetők el teljes egészében. Az egész számítás egy jól megtervezett, számítógéppel támogatott eljárás. Ezen kézikönyv alapján el lehet jutni a közelítő számításokig. A további munkához interneten kell felvenni a kapcsolatot a Kutató Intézettel, és megkérni a további eljárásokhoz, számításokhoz szükséges információt. A végső méretezés elvégzéséhez szükséges számításokhoz hozzáférni, a Kutató Intézet birtokában lévő szoftver megrendelésével lehetséges.

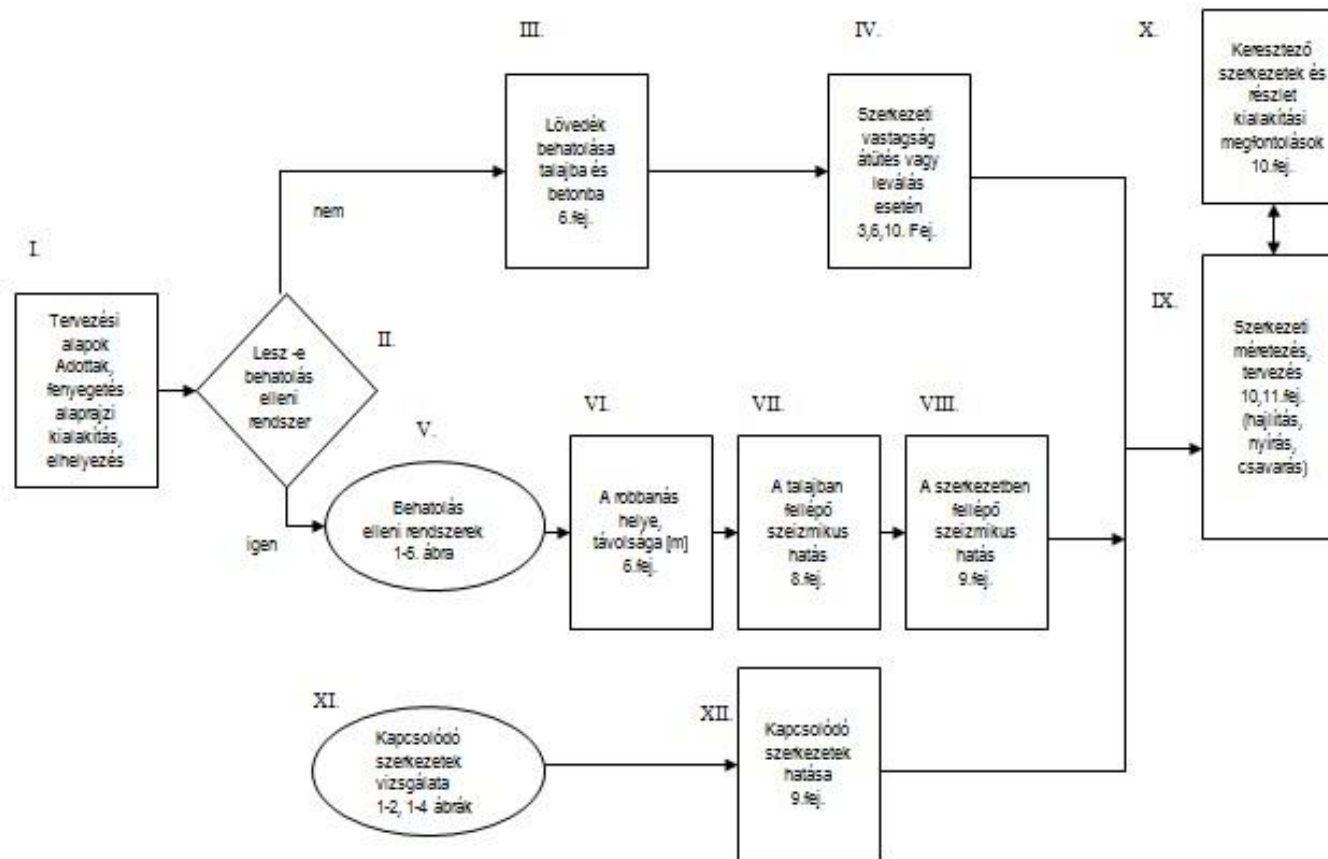
A méretezési alapelv és a kísérletek azonosak az orosz irodalomból adaptált magyar számítási eljárásokkal. Az amerikai eljárás részletesebb, ezáltal finomabb méretezést tesz lehetővé, mint a magyar módszer.

Valójában a különbség az amerikai Technikai Kézikönyvben szereplő tervezési folyamat és a magyarok által alkalmazott tervezési folyamat között az, hogy a Technikai Kézikönyv nem bontja szét a *behatolás elleni rendszer* tervezési lépéseit. A magyar alkalmazás két úton haladva végzi a számításokat. Az egyik a robbantó rétegre vagy a földem megerősítésére vonatkozik, míg a

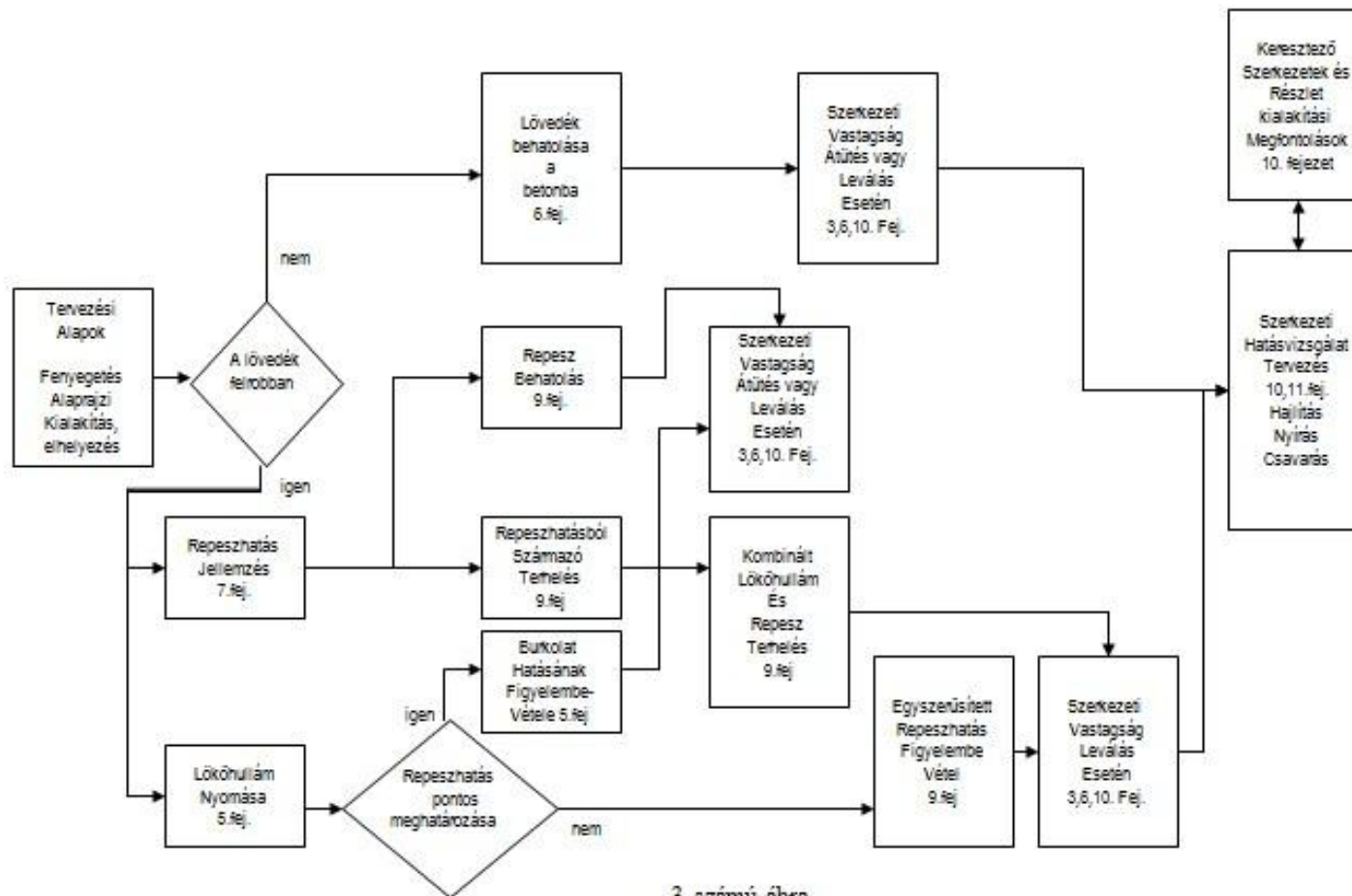
másik a belső leválás elleni vasalásra vagy a légréses födémre (lásd 4. számú ábra). Az utóbbinál vizsgálni kell a szeizmikus hatásokat a talajban és a szerkezetben is. A további lépések elvégzése után mindkét irány tervezési fázisa azonos.

### **Irodalomjegyzék:**

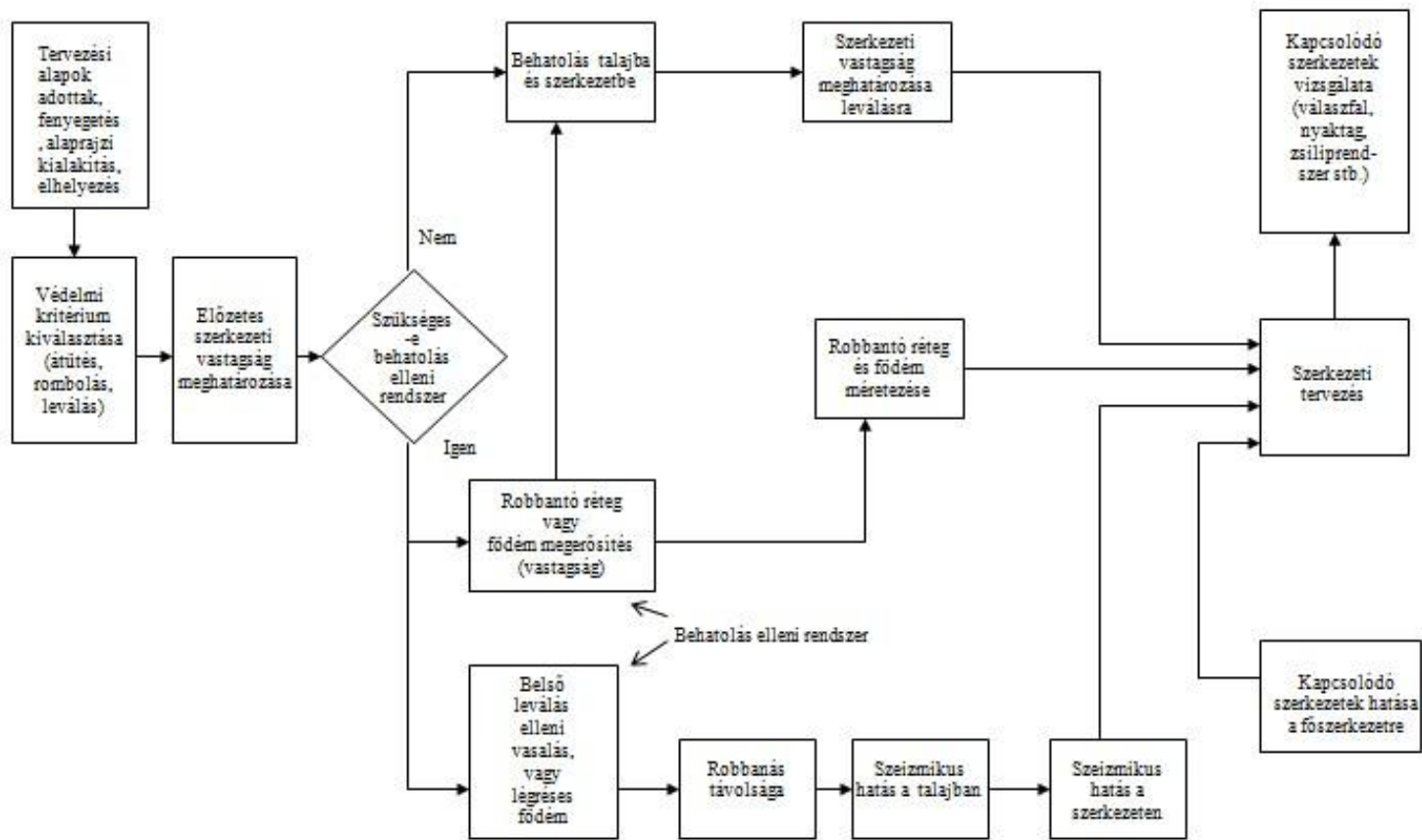
- 1) Dr. Kovács Ferenc: Erődítési építmények méretezésének újszerű elvei a hagyományos fegyverek hatásaival szemben. Tanulmány.
- 2) Szalai János: Védett létesítmények egyes méretezési és tervezési kérdései. A publikáció megjelenés alatt.
- 3) Technikai Kézikönyv a Védett (megerősített) Építmények Tervezéséhez és Elemzéséhez Hagyományos Fegyverek Hatásai ellen.
- 4) Szerzői kollektíva: Segédlet a speciális erődítési létesítmények méretezéséhez. Honvédelmi Minisztérium MN Beruházási és Fenntartási Főnökség. Budapest, 1989.



1. számú ábra  
Földalatti struktúra tervezési folyamata



3. számú ábra  
Földfelszíni struktúra  
tervezési folyamata



4. számú ábra  
 Földalatti struktúra tervezési folyamata  
 (Orosz irodalomból adaptált magyar változat)