

# A MŰSZAKI MECHANIKAI KUTATÁS HAZAI HELYZETKÉPE

KÉSZÍTETTE A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA MEGBÍZÁSÁBÓL

BOSZNAVY ÁDÁM

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

KOZÁK IMRE

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

SZABÓ JÁNOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

TÁRGYALTA ÉS JÓVÁHAGYTA

AZ ILLETÉKES BIZOTTSÁGOK ELŐTERJESZTÉSE ALAPJÁN

A MÉRNÖKI, ÉPÍTÉSZETI ÉS KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI, ILLETŐLEG A GÉPÉSZETI ÉS KOHÁSZATI  
SZAKCSOPORTOK EGYÜTTES ÜLÉSE, 1966. DECEMBER 12-ÉN

## I. Célkitűzés

A Magyar Tudományos Akadémia 1965. évi közgyűlésén hozott határozat szerint az Akadémia egyes osztályainak ki kell jelölniök azokat a legfontosabb tudományterületeket, amelyek a harmadik ötéves terv időszakában a népgazdaság leglényegesebb kutatásainak alapjául szolgálnak; ezekről helyzetképet kell készíteniök, a kutatás eddigi eredményeit értékelniök kell, és mindezek alapján meg kell határozniök, mely kutatásokra kell a mondott tervidőszakban az erőket összpontosítani.

A Műszaki Tudományok Osztálya az *elméleti és alkalmazott mechanika* tudományterületét jelölte meg legfontosabb tudományterületként, s megbízta az Osztály keretében működő Építéstudományi, valamint Gépészeti Akadémiai Bizottságot a fenti célt szolgáló helyzetkép elkészítésével.

Időközben az Akadémia Elnöksége és a Tudományos és Felsőoktatási Tanács a Kormány elé terjesztette javaslatát az akadémiai *Mechanikai Kutató Intézet* létesítésére, s a hazai adottságok figyelembevételével meghatározta az ottani kutatás főbb irányait. Az előterjesztés alapján a Műszaki Tudományok Osztályának Vezetősége kijelölte a jelen tanulmány elkészítésének szempontjait, megszabta, hogy e tanulmány azokon a főbb kutatási területeken fennálló hazai helyzetet elemezze, amelyeket a *Mechanikai Kutató Intézet* alapítására vonatkozó előterjesztés tartalmaz. Előírta továbbá, hogy a szóban forgó tanulmány a hazai és nemzetközi helyzet mérlegelése alapján készítsen tervezetet, mely útmutatásul szolgálhat az Intézet jövőbeli kutatási témáinak, illetve rész témáinak megállapításához.

Jelen tanulmány ennek a megbízásnak óhajt eleget tenni.

## II. Tartalmi beosztás

A Műszaki Tudományok Osztályának megbízásából készített alábbi összeállítás a következő fejezetekre tagozódik.

1. Rugalmas és nem rugalmas (képlékeny, viszkózus stb.) anyagú rendszerek feszültségi és alakváltozási állapotának vizsgálata
  - 1.1. Rugalmasságtan
  - 1.2. Viszkoelaszticitástan
  - 1.3. Képlékenységtan
  - 1.4. Törési mechanika
  - 1.5. Stabilitáselmélet
  - 1.6. Méretezéselmélet
2. Modellanalízis
3. Szemcsés közegek mechanikája
4. Kinetika és kinematika
  - 4.1. Rezgésstan
  - 4.2. Nem-rezgéstani vonatkozású kinetikai és kinematikai kérdések.

### III. Részletes elemzés

#### 1. Rugalmas és nem-rugalmas (képlékeny, viszkózus stb.) anyagú rendszerek feszültségi és alakváltozási állapotának vizsgálata

##### 1.1. Rugalmasságtan

A rugalmasságtan, vagyis a rugalmas szilárd testek feszültségi és alakváltozási viszonyait tárgyaló tudomány két fő részre oszlik; matematikai és technikai rugalmasságtanra.

A tudományterület kifejlődése a XIX. században indult meg. A nemzetközi téren folyó munkába hazánk kutatói csak a XX. század elején, de jelentősebben csak a két világháború között és főleg a második világháború után kapcsolódtak be. A tudományterület nagy kiterjedése és szerteágazó volta csak egyes részterületek hazai művelését tette lehetővé. Átfogó kutatómunka nem alakult ki, és nem jött létre határozott irányú különleges magyar iskola sem. Az egyetemi oktatás törekedett e tudományterület jelentősebb ismeretanyagának átadására, de a mérnökképzés jellegének megfelelően a legújabbban feldolgozott területek eredményeit csak erős válogatás alapján volt képes az oktatási anyagban szerepeltetni. E vonatkozásban igen jelentős ismeretközlési lehetőséget teremtett a mérnöktovábbképző intézmények létrehozása, ami egyúttal a hézagos hazai irodalom sok hiányát legalábbis részben pótolhatóvá tette. A felszabadulás után a hazai könyvkiadás jelentős művekkel segítette a terület fejlődését. Ennek hatása kézzelfoghatóan mérhető a magyar szerzők publikációs tevékenységének megélénkülésén, amit az *Acta Technica* és más hazai folyóiratok — ha nem is teljesen — de jól tükröznek.

A hazai kutatásban nem választható el élesen a matematikai és technikai rugalmasságtan művelése, mert a legtöbb e területtel foglalkozó kutató mindkét ágon fejtett és fejt ki tevékenységet. Eredmények elsősorban a technikai

rugalmasságtan területén keletkeztek, mert az épületszerkezetek — különösen az acél- és vasbetonszerkezetek — fejlődése egyre bonyolultabb tartószerkezeti feladatok megoldását igényelte. A matematikai és technikai rugalmasságtan terén kutatott feladatok, eredmények és kutatások alábbi tömör felsorolása is jelzi, hogy döntően az alkalmazott mechanika terén bontakozott ki érdemleges tevékenység és ezért elsősorban a matematikai rugalmasságtan területén kell erélyes fejlesztéssel a nemzetközi színvonalhoz felzárkózni.

a) A m a t e m a t i k a i r u g a l m a s s á g t a n területén végzett kutatómunka a következő kérdésekre terjedt ki:

A lineáris és nem-lineáris rugalmasságtan alapegyenletei;  
 a síkbeli feszültségállapot elemzése;  
 az egyszeresen vagy többszörösen összefüggő keresztmetszetű rudak de Saint-Venant-féle torziója;  
 egyenlőtlen ségi relációk;  
 lemez- és héjelmélet;  
 a belső feszültségkoncentráció elmélete;  
 síkbeli feladatok parciális differenciálegyenleteivel kapcsolatos kerületérték-feladatok.

b) A t e c h n i k a i r u g a l m a s s á g t a n terén jóval több eredmény jelzi a kutatói tevékenységet. A kutatás az egyenes- és görbetengelyű, állandó és változó merevségű *rudakra*, a síkbeli és térbeli *rúdszerkezetekre*, továbbá a *felületszerű szerkezetekre* egyaránt kiterjedt. Különösen az utóbbi téren mutatkoznak számottevő, nemzetközi vonatkozásban is jelentős hazai eredmények, ami azért is öröndetes, mert a technikai gyakorlatban: a mérnöki építészetben és — a hegesztés elterjedésével — a gépészetben is egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert a vastagságukhoz képest aránylag nagy kiterjedésű felületszerű szerkezetek (táblák, lemezek, héjak). Ezek a szerkezetek olyan térlefedési feladatok megoldását teszik lehetővé, melyek megvalósítása korábban teljesen lehetetlen volt, vagy igen nagy technikai nehézségekbe ütközött.

A felületszerű szerkezetek előtérbe nyomulása a mechanika vonatkozó fejezeteinek részletes kidolgozását tette szükségessé. Ámbár világszerte sok kutató foglalkozott és foglalkozik e szerkezetek elméletével, számos probléma eddig csak elvi megoldást nyert, s a gyakorlatban közvetlenül alkalmazható módszerek még csak kis számban kerültek kidolgozásra. Ezért igen öröndetes, hogy a hazai kutatómunka éppen ezen hiányosság felszámolására összpontosult. Hasonló a helyzet a felületszerű szerkezetek másik aránylag új területén, a függesztett hálók vizsgálata terén is, ahol a gyakorlati, numerikus eljárások kidolgozása hazánkban szintén öröndetes fejlődésnek indult.

A hazai kutatási eredmények a következő részterületekkel, ill. feladatokkal kapcsolatosak:

Állandó és változó keresztmetszetű rudak hajlítása, csavarása és külpontos nyomása;  
 nyomóerővel és hajlítóerővel egyidejűleg terhelt rudak alakváltozása; merevítőgerendás ívhidak és függőhidak másodrendű elmélete; többtámaszú tartók, keretek számítása (a különféle konvergenciagyorsító eljárásokat is ideértve);  
 rácsos tartók csavarása;  
 csavarásmentes és csavarásmerev tartórácsok;  
 jármű keretvázak és kocsiszekrények;  
 nagy deformációjú rugók;  
 sajtolással összeerősített forgórészek vizsgálata;  
 golyóscsapágygyűrűk megmunkálás-okozta deformációja;  
 ékhornyos tengelyek;  
 ortotrop és bordás lemezek;  
 szendvics lemezek;  
 többtámaszú körlemezek;  
 vegyipari készülékek;  
 csővezetékek és idomok;  
 tekercseléssel erősített nagynyomású edények;  
 kőzetbe ágyazott nyomócsövek és tartányok;  
 a héjelmélet általánosítása;  
 hengerhéjak egyszerűsített számítása;  
 kettősfalú körhengerhéjak;  
 translációs felületű héjak;  
 négyszögalaprajzú héjak;  
 oldalnyomásmentes ellipsziszalaprajzú héjak;  
 szabadszélű hártyaszerű héjak;  
 összetett héjak;  
 peremerőkkel terhelt gömbhéjak;  
 elliptikus paraboloidhéjak;  
 negatív Gauss-görbületű gyűrűfelület alakú héjak;  
 csőkeresztek;  
 kötélnálók és függesztett szerkezetek (ezek másodrendű elmélete is); merevített függőtető.

### 1.2. Viszkoelaszticitástan

A vasbetonépítés fejlődése, valamint az újabban mindinkább előtérbe kerülő műanyagok szükségessé teszik a szilárdtestek időtényezőitől függő tulajdonságainak elméleti vizsgálatát. A viszkoelaszticitástan ezzel a kérdéssel foglalkozik.

Külföldön a kutatók széles tömegei — köztük a magyar származású

HETÉNYI — foglalkoznak idevágó vizsgálatokkal, s ezek a vizsgálatok — főleg a műanyagok területén — igen érdekes megállapításokra vezettek.

Hazánkban e témakörben a következő problémák kerültek feldolgozásra:

- A viszkoelasztikus anyag alapegyenletei;
- a szilárdtestek alapvető reológiai tulajdonságai;
- a zsugorodás és kúszás hatása berepedt vasbetontartókra;
- a kúszás hatásának számítása.

Viszkozitástannal foglalkozó hazai szakkönyvünk nincs.

### 1.3. Képlékenységtan

A képlékenységtan, vagyis a törés nélkül maradóan alakítható szilárdtestek feszültségi és alakváltozási állapotát tárgyaló tudomány két fő részre oszlik: matematikai és technikai képlékenységtanra.

a) A m a t e m a t i k a i k é p l é k e n y s é g t a n viszonylag fiatal tudomány. Gyökerei ugyan a XIX. század második felébe nyúlnak vissza, alapvető összefüggéseit azonban csak e század első évtizedeiben állították fel, és így rendszeres művelése is csak ebben az időben kezdődhetett el. Az elért eredmények az elméleti alapok tisztázása ellenére a második világháborút megelőző időszakban aránylag csekélyek voltak.

A második világháború alatt és főleg utána a matematikai képlékenységtan — elsősorban a Szovjetunióban és az angolszász államokban — jelentős virágzásnak indult.

Hazánkban a matematikai képlékenységtan terén végzett kutatótevékenységet csupán néhány értekezés és dolgozat jelzi. A kutatóink által tárgyalt témák:

- Az ideálisan rugalmas-képlékeny anyagú testek elmélete;
- a képlékeny anyag dinamikai egyenletei;
- a képlékeny hullám vizsgálata;
- a körhengerháj rugalmas-képlékeny alakváltozásai.

b) A t e c h n i k a i k é p l é k e n y s é g t a n alapelveit KAZINCZY GÁBOR fektette le (1914). Kísérletei és az ezek alapján tett megállapításai ma is alapjait képezik a teherviselő szerkezetek képlékenységtan szerint való számításának. Ezen alapokra támaszkodva az utóbbi három évtizedben főleg a szovjet, dán és amerikai kutatók kidolgozták a törési határállapot elméletét, amely lehetővé tette a technikai képlékenységtannak a különböző anyagú (acél-, vasbeton- stb.) és típusú (rúd-, lemez-, héj- stb.) szerkezetek tervezése terén való szélesebb körű alkalmazását.

Bár hazánkban a képlékenységtan területén nem alakult ki szervezett formában összefogott kutatógárda, különösen pedig iskola, a felszabadulást követően aránylag sokan foglalkoztak a technikai képlékenységtannak acél-

és vasbetonszerkezetekre, valamint a technológiai alakításokra való alkalmazásával. A művelt területek a következők:

Többtámasz tartók és keretszerkezetek;  
 vasbeton lemezek és héjak törésvonal-elmélete;  
 a hengerlés, sajtolás és hidegalakítás problémái;  
 a hengerlés munkaszükséglete és elmélete;  
 a Kármán-féle hengerlési elmélet továbbfejlesztése.

A felsorolt szakterületeken kifejtett munkát számos tanulmány és kutatási jelentés tanúsítja.

Annak ellenére, hogy a matematikai és technikai képlékenységtan alapelveinek megalkotásában a magyar tudósoknak nemzetközileg is elismerten kiemelkedő szerepük volt, az eredmények oktatása és ismertetése területén erősen el vagyunk maradva. A mérnökök oktatásában ezen tudományágak csak szórványosan, vagy egyáltalán nem szerepelnek, a fordításokon kívül összefoglaló jellegű könyv eddig magyar nyelven még nem jelent meg. A képlékenységtan oktatása csupán a Nehézipari Műszaki Egyetem egyes szakágazataiban, valamint az egyetemi szakmérnökképzés keretében folyik rendszeres formában.

#### 1.4. Törési mechanika

Az anyagok fáradásának és a szerkezetek rideg törésének korszerű vizsgálata a repedések kialakulásának és tovaterjedésének beható tanulmányozását teszi szükségessé. A feladat elméleti és kísérleti szempontból egyaránt igen nehéz, ezért megoldása nagy matematikai, illetve laboratóriumi felkészültséget igényel. Ez a magyarázata annak, hogy a műszaki mechanikának ezen az egészen új és még feltáratlan területén eddig nagyon kevés tanulmány látott napvilágot. Az elméleti dolgozatok kizárólag a matematikai szempontból aránylag egyszerűen tárgyalható pont- és tengelyszimmetrikus feladatokkal foglalkoznak (például: I. N. SNEDDON: Penny alakú repedés terjedése henger alakú testben), míg a kísérletek legnagyobb része a repedések lemez alakú próbatestekben való kialakulását vizsgálja (például: N. E. FROST, D. S. DUGDALE, W. WEIBULL, H. W. LIU, A. K. HEAD).

Hazánkban a törési mechanika területén még csak kezdeti eredmények mutatkoznak.

#### 1.5. Stabilitáselmélet

A stabilitáselméletnek, azaz a szerkezetek egyensúlyának stabilitásával foglalkozó tudományágnak alapfeladatát, az egyenestengelyű rúd kihajlását először EULER vizsgálta (1744). Elméleti eredményei annak idején alig bírtak gyakorlati jelentőséggel, később azonban az acélépítészeti elterjedésével — főleg egyes hídszerencsétlenségek nyomán — alapvető jelentőségre tettek szert.

A nagyobb szilárdságú szerkezeti anyagoknak a mérnöki szerkezetekben egyre fokozódó térhódítása a szerkezetek keresztmetszeti méreteinek (főként a vastagságnak) jelentős csökkenésére vezetett, ez pedig számos olyan stabilitási problémát vetett fel, mely a régebbi nagyobb falvastagságú szerkezeteken egyáltalán nem, vagy csak alig bírt jelentőséggel. Ez a körülmény a stabilitási problémákat, többek között a nem-konzervatív erőkkel terhelt szerkezetek problémáját, világszerte az érdeklődés homlokterébe állította.

A hazai kutatás a szerkezeti elemek és szerkezetek stabilitás vizsgálatával mindenkor a nemzetközi színvonalnak megfelelően foglalkozott. A magyar származású TETMAJER és KÁRMÁN nemzetközi jelentőségű szerepe közismert.

A hazai kutatók által egyes részterületeken feldolgozott témák tekintetében az alábbi felsorolás nyújt áttekintő képet.

a) R u d a k k i h a j l á s a . Az ezen a területen végzett hazai kutatómunka témái:

Külpontosan nyomott rudak kihajlása;  
 a plasztikus kihajlás elmélete;  
 heterogén anyagú rudak kihajlása;  
 változó keresztmetszetű rudak kihajlása;  
 a teljes hosszában rugalmasan befogott rúd kihajlása;  
 a csavarásra igénybevett rúd kihajlása;  
 rácsostartók nyomott övének kihajlása;  
 vékonyfalú rudak kihajlása.

b) K i b i c s a k l á s , k i f o r d u l á s . E témakört az előregyártott elemekkel történő építkezés tette aktuálissá, mint azt a feldolgozott témák jellege is mutatja:

A végein felfüggesztett gerenda stabilitása;  
 ferde kötelekkel emelt gerenda stabilitása;  
 a végein felfüggesztett, oldalirányban megtámasztott gerenda stabilitása;  
 az egy ponton felfüggesztett gerenda stabilitása;  
 acéltartók és hégívek kifordulása;  
 változó keresztmetszetű rudakkal bíró keretek stabilitása.

c) K e r e t s z e r k e z e t e k s t a b i l i t á s a . A vázas építészet elterjedése előtérbe állította a keretszerkezetek stabilitásproblémáját. Ezzel a kérdéscsoporttal külföldön igen kiterjedt irodalom foglalkozik. A keretek rugalmas kihajlására a pontos megoldásokon kívül (erőműdszer, mozgásműdszer) igen jól használható oly közelítő módszereket dolgoztak ki, melyek révén a keretszerkezetek stabilitásproblémája a rugalmasságtan keretén belül megoldottnak tekinthető. A keretszerkezetek képlékeny kihajlásának problémája azonban a kapcsolatos matematikai nehézségek miatt a gyakorlat szempontjából ma is még megoldatlannak tekinthető.

A hazai kutatók az alábbi témák feldolgozásával foglalkoztak:

Vasbeton rúdszerkezetek stabilitáskérdései;  
 változó keresztmetszetű rudakkal bíró keretek stabilitása;  
 iterációs eljárások keretek stabilitásvizsgálatára.

d) Ívek, körgyűrű alakú lemezek és nyomott övek stabilitása. E kérdés elméletével számos kutató foglalkozott eredményesen hazánkban. Jelentősek azok az eredeti méretű szerkezeteken lefolytatott hazai vizsgálatok is, melyekkel kutatóink nyitott alsópályás vasúti rácsos hidak felső övének kihajlását tanulmányozták.

e) Lemez- és héjszerkezetek kihajlása. A modern vékonyfalú acélszerkezetek kiterjedt alkalmazása előtérbe hozta a lemez- és héjszerkezetek horpadásának, kihajlásának kérdését is. E szerkezetek stabilitásvizsgálata még rugalmas anyag feltételezése esetében is igen bonyolult, képlékeny anyag esetében pedig még fokozottabban az. Ennek tudható be, hogy a stabilitáskérdés megoldásával foglalkozó elméleti vizsgálatok nem kielégítőek, ezért eredményeik lényegesen eltérnek a kísérleti eredményektől. Az eltérés főképp vasbetonhéjak esetében szembeszökő és mielőbb tisztázásra szorul.

A hazai kutatók a következő témákat dolgozták fel:

Lemezek horpadása általában;  
 kezdeti görbülettel bíró lemezek horpadása;  
 tömör acéltartó gerinclemezeinek horpadása;  
 körgyűrű alakú lemezek kihajlása;  
 süveghéjak kihajlása;  
 központosan nyomott héjívек stabilitása;  
 vékonyfalú héjívек kibicsaklása;  
 külpontosan nyomott héjívек stabilitása.

### 1.6. Méretezéselmélet

E tudományág a tartószerkezetek tönkremenetelének kérdéseivel foglalkozik. Ide tartozik egyrészt az optimális feltételeket biztosító méretezésnek, másrészt a valószínűségszámítási elven alapuló méretezésnek a kutatása.

a) Az optimális méretezésre irányuló próbálkozások messze időkre nyúlnak vissza. A legújabb irányzatot RABINOVICS professzor széles körű munkássága alapozta meg. Hazánkban szintén felfigyeltek erre a kérdésre.

Kutatóink ezirányú tevékenységét az alábbi feldolgozott témák jelzik:

Gépalkatrészek optimális méretezése;  
 forgó tengelyek csapágyainak optimális elhelyezése;  
 hegesztett lemezes tartók optimális méretezése;



vasbeton többtámaszú tartók és keretszerkezetek optimális méretezése; vasbetonlemezek és héjszerkezetek optimális méretezése.

b) A valószínűségelméleten alapuló méretezés a terhek eloszlásfüggvénye és a keresztmetszeti méretek szórása alapján matematikai eszközökkel határozza meg a szerkezetek tönkremenetelének valószínűségét, és ezt figyelembe véve a szerkezet előírányszott élettartamát összhangba hozza a szerkezet fontosságának megfelelően megállapítható kockázattal. A vizsgálat egyaránt történhetik statikai és dinamikai alapon.

A hazai kutatók nagy érdeklődéssel foglalkoznak a valószínűségelméleten alapuló méretezés problémáival, amit az általuk feldolgozott alábbi témák is jeleznek:

Járműterhelések vizsgálatának elméleti alapjai;

járművek élettartamának analízise;

tartószerkezetek valószínűségszámítási alapon történő méretezése.

## 2. Modellanalízis

Számos mérnöki szerkezet szilárdságtani vizsgálata a szerkezet bonyolult alakja vagy viselkedése miatt elméleti úton nem végezhető el. Ilyen esetekben elméleti vizsgálatok helyett modelleken végzett kísérleti vizsgálatokra vagyunk utalva.

Külföldön az oktató- és kutatóintézetek általában kitűnően felszerelt modell-laboratóriumokkal rendelkeznek. Ezek a laboratóriumok komoly segítséget jelentenek a szerkezetek erőjátékának, valamint tönkremeneteli módjának megismerésében, s az oktatásnak is nélkülözhetetlen segédeszközei. Számos külföldi egyetemen a hallgatóság részére a modell-laboratóriumi munka kötelező. A modellanalízis különféle módszereit többek között a magyar származású NÁDAI és HETÉNYI világszerte ismert könyvei ismertetik.

Hazánkban több egyetemi tanszéknek, illetve kutatóintézetnek van fotoelasztikus vizsgálatok céljaira szolgáló laboratóriuma, de azok felszerelése általában elégtelen.

## 3. Szemcsés közegek mechanikája

A szemcsés közegek mechanikájával foglalkozó tudomány a jelenségek leírására különféle anyagmodelleket feltételez. A talajok alakváltozását, valamint az építmények süllyedését rugalmasságtani alapon végzi, a rézsűk állékonyságát, továbbá az alaptest alatti talajtörés módozatait viszont képlékenységtani módszerekkel elemzi. A legújabb irányzat a szemcsés közeg mozgási állapotát annak sajátos tulajdonságaiból vezeti le. A hazai kutatás — főleg a JÁKY JÓZSEF körül kialakult iskola révén — kezdettől fogva értékes ered-

ményekre hivatkozhat. A szemcsés közegek mechanikája viszonylag hamar illő helyet kapott az egyetemi oktatásban is.

a) A rugalmasságtannak a szemcsés közegekre való alkalmazása terén a hazai kutatás elméleti és gyakorlati vonatkozásban az alábbi kérdésekkel foglalkozott:

Egyes talajmechanikai szempontból fontos kerületérték feladatok megoldása;  
többrétegű rendszerek vizsgálata;  
mélyített alapsíkokra ható terhelések vizsgálata.

b) A képlékenységtannak a szemcsés közegek mechanikájában kezdettől fogva kiemelkedő fontossága volt. A hazai kutatás ezen a téren lépést tartott a tudomány fejlődésével és jelentős eredményekről és sikerekről számolhat be.

A feldolgozott témák közül nevezetesebbek a következők:

A támfalra ható nyomás számítása;  
összetett csúszólapok alkalmazása a földnyomás elméletében;  
tökéletesen képlékeny földtömeg egyensúlyának egzakt meghatározása;  
részük állékonyságának, a dúcnyomásnak, a silőnyomásnak közelítő meghatározása;  
részük biztonsági tényezőjének meghatározása;  
földnyomás és talajmozgás összefüggése;  
súlytalan közegek határegyensúlya;  
a tökéletesen képlékeny földtömegek nyomásproblémája;  
sávalapok teherbírása;  
rugalmas ágyazású szerkezetekben fellépő erők meghatározása.

c) A szemcsés közegek sajátos elméletével való foglalkozás világszerte csak a legutóbbi években indult meg. Ebben az elméletben a szemcsés közegeket már nem tekintik kontinuumnak, hanem véges méretű részecskék halmazának. Megállapítást nyert, hogy a kinetikus folyadék-elmélet számos törvénye szemcsés közegekre is közvetlenül alkalmazható. Az új elvek alapján közvetlenül kifejezhető a nyírószilárdság, valamint az összenyomódás időbeli lefolyása és felírható a szemcsés közegek állapotegyenlete.

A hazai kutatás fontosabb eredményei:

A talajfizika új alapjai;  
a feszültségi állapot különféle problémái;  
a konszolidáció elméleti vizsgálata;  
telítettségi küszöbérték meghatározása víz- és levegőáramlás esetében;  
szűrési problémák;  
a kapilláris vízmozgás vizsgálata.

## 4. Kinetika és kinematika

### 4.1. Rezgésstan

A különféle rezgésproblémák a gépipar fejlődésével és a könnyűszerkezetek elterjedésével kapcsolatban egyre jelentősebb helyet foglalnak el a mechanikában. Ezek a kérdések gépészet terén döntőek, de a mérnöki létesítmények (hidak, kémények, antennák, turbina- és gépalapok stb.) vonalán is komoly figyelmet érdemelnek.

Külföldön a rezgéskérdéseknek rendkívül kiterjedt irodalmuk van, és számos összefoglaló mű foglalkozik e feladatkör elméleti és gyakorlati vonatkozásaival.

Hazánkban az építőmérnöki létesítmények rezgésproblémáival foglalkozó irodalom a második világháborút megelőző időszakban aránylag szűk terjedelmű volt. Hasonló volt a gépészeti jellegű rezgésfeladatokkal kapcsolatos kép is ebben az időszakban. Szinte egyedül a PATTANTYUS Á. GÉZA által szerkesztett Gépészeti Zsebkönyv és a HERMANN MIKSA által írt Gépelemek c. könyv lengésstani részei alkották ebben az időben a gépészmérnöki feladatokat szem előtt tartó magyar nyelvű lengésstani irodalmat.

Újabban a hazai kutatásnak lendületet adott a Budapesten 1963-ban megrendezett nemzetközi építésdinamikai szimpozium.

A hazai kutatás a következő témák megoldására irányult:

#### a) A z építési mechanika területén:

Tornyok, magasházak sajátrezgései;  
 épületek vizsgálata dinamikus hatásokra;  
 vasbetonépületek rezgésszámításának megbízhatósága;  
 a kalapácsgépek alaptestén fellépő erők s az ott számításba veendő  
 dinamikus tényező;  
 gépalapok rezgésproblémái;  
 gerendák, oszlopok ütőteherre való méretezése;  
 axiális erővel terhelt rudak rezgései;  
 kötéhidak sajátrezgései;  
 függőhidak és gerendák lökésszerű terhelésre keletkező igénybevételeinek  
 meghatározása;  
 távvezetékek rezgései;  
 rezgések hatása épületekre és emberekre.

#### b) A gépész- és villamosmérnöki mechanika területén:

Adott sajátfrekvenciákkal bíró rendszer szintézise;  
 a rezgésmérés problémája;

szerszámgépek lengésvizsgálata;  
 drótkötélfonógépek kritikus rezgései;  
 szövőgépek mechanikai rezgései;  
 nem-lineáris rezgésekkel kapcsolatos elméleti problémák;  
 golyóscsapágyak rezgésproblémái;  
 közúti és vasúti járművek rezgései;  
 repülőgépek dinamikus stabilitásának vizsgálata;  
 helikopterek dinamikai stabilitása;  
 hullámos lemezek rezgése;  
 a fékberázódás vizsgálata;  
 a könyökös tengely torziós rezgésének vizsgálata;  
 a torziós rezgés csillapítójának méretezése;  
 véges szabadságfokú lengőrendszerek transzformálása;  
 csillapított rendszerek gerjesztett lengésének vizsgálata.

#### 4.2. Nem-rezgéstani vonatkozású kinetikai és kinematikai kérdések

E témacsoport keretében azok a kinetikába és kinematikába sorolható munkák kerülnek említésre, amelyeknek nem kizárólagosan (vagy egyáltalán nem) céljuk rezgéstani vizsgálat végzése.

Elméleti kinetikával a felszabadulás előtt hazánkban alig néhányan foglalkoztak. Örvendetes viszont, hogy a mechanizmusok kinetikájában és kinematikájában a legutóbbi tíz évben egyre erőteljesebb fejlődés van kibontakozóban. Ebben a tárgy körben a Nehézipari Műszaki Egyetemen több hazai és nemzetközi konferenciát is rendeztek.

A kinetika és kinematika terén kutatóink az alábbi főbb problémákkal foglalkoztak:

Kinetikai rendszerek Lagrange-függvényével kapcsolatos elméleti kérdések;  
 mechanizmusok osztályozásának kérdései;  
 hajtóművek méretezése minimális lendületvesztésre;  
 közelítő és egzakt grafikus módszerek kialakítása mechanizmusok vizsgálatára;  
 mechanizmusok viselkedése egyszeres vagy többszörös holtpont környezetében;  
 kis helyszükségletű mechanizmusok tervezése;  
 a szerszámgépek mozgásleképző tulajdonságainak analízise;  
 bolygómművek vizsgálata;  
 fogazott kerek gyártásával kapcsolatos kinematikai feladatok;  
 súrlódás tekintetbe vétele a mechanizmusok dinamikájában;  
 tömegkiegyensúlyozási feladatok.

#### IV. Irányelvek

A műszaki mechanikai kutatás fentiekben összeállított helyzetképe az érintett területen jelenleg hazánkban folyó kutatásról és annak eredményeiről számol csak be, de nem nyújt tájékoztatót arra nézve, hogy a nemzetközi vonalon hol és milyen irányú kutatómunka folyik, és attól hol és mily mértékben vagyunk elmaradva. Ez utóbbi körülmény felderítése a tudományterület gazdag és rendkívül szerteágazó volta miatt szinte nem is lehetséges, de vizsgálata nem is szolgálta volna a kívánt célt, mert a nálunk nem kutatott területek pusztá felsorolása nem nyújtana alapot a hiányosság felszámolását célzó javaslatához. Egy ilyen javaslat érvényesítésének egyébként sincsenek meg sem személyi, sem tárgyi előfeltételei. De a műszaki mechanikának teljes szélességben való hazai kutatása — számolva a fejlődő nemzetközi együttműködéssel — egyébként is felesleges, nem is szólva arról, hogy a műszaki mechanika egyes területein érdemleges kutatás csupán több éves, sőt évtizedes előkészítő munka után volna csak lehetséges.

A fent kifejtettek értelmében a hazai műszaki mechanikai kutatás továbbfejlesztésekor elsősorban csak a meglévő szakemberekre lehet építeni, és ő körülöttük kell — a már művelés alá vont területek helyes fejlesztését célul tűzve és a fiatal kutatógárda hatékony bekapcsolásával — csoportokat, iskolákat kiépíteni.

Épp ezért a fejlesztésnek elsősorban nem új kutatási területek megnyitását, hanem a meglévő kutatási tevékenység jobb összehangolását és az összefüggő témák területén levő hézagok megszüntetését kell céloznia. Egyúttal pótolnia kell azt a hiányosságot is, amely a műszaki mechanikának nemzetközileg megfigyelhető erős matematikai bázisa tekintetében nálunk észlelhető.

#### V. Javaslatok

5.1. A műszaki mechanika tudományos szakember-utánpótlásának tervszerű biztosítása érdekében gondoskodni kell:

- a) a műszaki egyetemek oktatási programjában a Nehézipari Műszaki Egyetemen kialakított formához hasonlóan a
  - Matematikai rugalmasságtan,
  - Képlékenységtan és
  - Rezgéstan
 című tárgyak rendszeres oktatásáról és az ezen témák iránt érdeklődő kislétszámú hallgatóság részére az e területeket felölelő diploma kiadásának előfeltételeiről;
- b) külföldi ösztöndíjak, aspirantúrák, egy-két éves külföldi tanulmány-

utak szervezéséről, és a kandidátusi fokozat megszerzésének a vázolt kutatási célok szolgálatába állításáról;

c) eredeti magyar nyelvű könyvek vagy könyvfordítások kiadásáról.

5.2. A műszaki mechanikai kutatás matematikai alapjainak erősítése érdekében gondoskodni kell:

- a) Szorosabb kapcsolat kiépítéséről a Magyar Tudományos Akadémia III. (Matematikai és Fizikai Tudományok) Osztályával annak érdekében, hogy a külföldi tapasztalatoknak megfelelően idehaza is a matematikai intézetek az eddiginél behatóbban foglalkozzanak mechanikai vonatkozású matematikai kutatómunkával;
- b) a mechanikai kutatás igényeit szolgáló korszerű, programvezérlésű elektronikus számológépekről abból a felismerésből kiindulól, hogy a számítás numerikus módszere egyre erősebb befolyást gyakorol a modell vizsgálatok alkalmazott matematikai apparátusra, sőt magára a modellalkotásra is;
- c) a kutatási eredmények kritikai értékeléséről, valamint azok alkalmazási feltételeinek szabatos körülhatárolásáról.

5.3. Az elméleti és kísérleti alapon nyugvó kutatómunkát a helyzetképben felsoroltak kiegészítéseként a következő területekre kívánatos kiterjeszteni:

- a) Rugalmasságtan:  
A matematikai rugalmasságtan klasszikus és modern fejezetei;  
a két és három méretű kontinuumok feszültségi, alakváltozási és mozgási állapotának elemzése;  
a többszörösen összefüggő tartományok síkbeli feszültségi állapotának elemzése, figyelembe véve a szingularitásokat;  
a vékonyfalú szerkezeti elemek vizsgálata.
- b) Viszkoelaszticitás:  
Az alapvető összefüggések kutatása.
- c) Képlékenységtan:  
A forgácsoláshoz szükséges megmunkálást elősegítő kutatás;  
a képlékeny és keményedő anyagokkal kapcsolatos kutatás (különös tekintettel az alumínium ötvözetek várható elterjedésére).
- d) Törési mechanika:  
A repedések kialakulásának és tovaterjedésének elméleti és laboratóriumi vizsgálata.
- e) Stabilitáselmélet:  
Az izotrop és anizotrop héjszerkezetek stabilitása;  
a fizikailag nem-lineáris szerkezeti elemek egyensúlyának stabilitása;  
a nem-konzervatív erőkkel terhelt szerkezetek stabilitása.

## f) Modellanalízis:

Kísérleti feszültséganalízis.

## g) Szemcsés közegek mechanikája:

Szemcsés közegek törési és alakváltozási feltételeinek kutatása; többfázisú rendszerek törés-, alakváltozás- és feszültségállapotának, valamint az egyes fázisok kölcsönös elmozdulásainak kutatása; az összetett földnyomási feladatok elméleti és kísérleti kutatása; a szemcsés közegek dinamikus tulajdonságainak és viselkedésének vizsgálata.

## h) Kinetika és kinematika:

A mechanizmusok analízise és szintézise, továbbá azok osztályozása; a giroszkopikus (azaz az általánosított sebességektől függő, zérus virtuális munkájú erőket tartalmazó) rendszerek analízise és szintézise;

az egyszerű és összetett szerkezetek rezgéseinek analízise és szintézise (sajátfrekvenciák, állandósult rezgések, nem-lineáris jelenségek); egyensúlyi és mozgási stabilitásproblémák, különös tekintettel a nem-konzervatív hatásokra és különleges anyagokra;

a kontinuumok és diszkrét rendszerek dinamikájának általános és elvi kérdései, valamint a két modelltípus elemző összehasonlítása;

az anyagegyenletek szélső esetekben is érvényes, általánosan lehetséges konkrét formáinak kutatása dinamikai jelenségek vizsgálata útján.

5.4. A tudományos kutatás bázisának szélesítése érdekében szükséges intézkedések:

- a) Szervezett együttműködés megteremtése a rokonterületen működő hazai ipari kutatóintézetekkel és egyéb kutatóhelyekkel;
- b) szoros kapcsolat kiépítése a külföldi — elsősorban a baráti államokban működő — kutatószervekkel;
- c) tevőleges részvétel biztosítása a különböző nemzetközi tudományos szervezetek munkájában;
- d) rendszeres együttműködés a társterületekkel — elsősorban a matematika, anyagtan, geotechnika, gépszerkesztés és mechanikai technológia vonatkozásában;
- e) tudományos ankétok, szimpóziumok, akadémiai felolvasó ülések, tanfolyamok szervezése — a társadalmi és tudományos egyesületekkel karöltve.