

VÉDŐHIDAK ÉS VÉDŐHÁLÓK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

A különféle teherszállító függőpályák (kötélpályák, függősinpályák) védőhidjainak, védőhálóinak feladata a védőberendezés alatti vasút, út, üzemi vagy rakott terület védelme üzemhiba miatt esetleg leeső csille, kötélrészecskék, ill. rakomány ütőhatásától.

A védőhidak acél-, vasbeton vagy faszervezetűek. Az ütőhatásra igénybe vett tartóelemek méretezése lényeges módon eltér a statikus teherre való méretezéstől.

A védőhálók mind erőtani, mind szerkezeti szempontból eltérnek a merev elemekből felépített egyéb ipari szerkezetektől. Építőanyaguk acél.

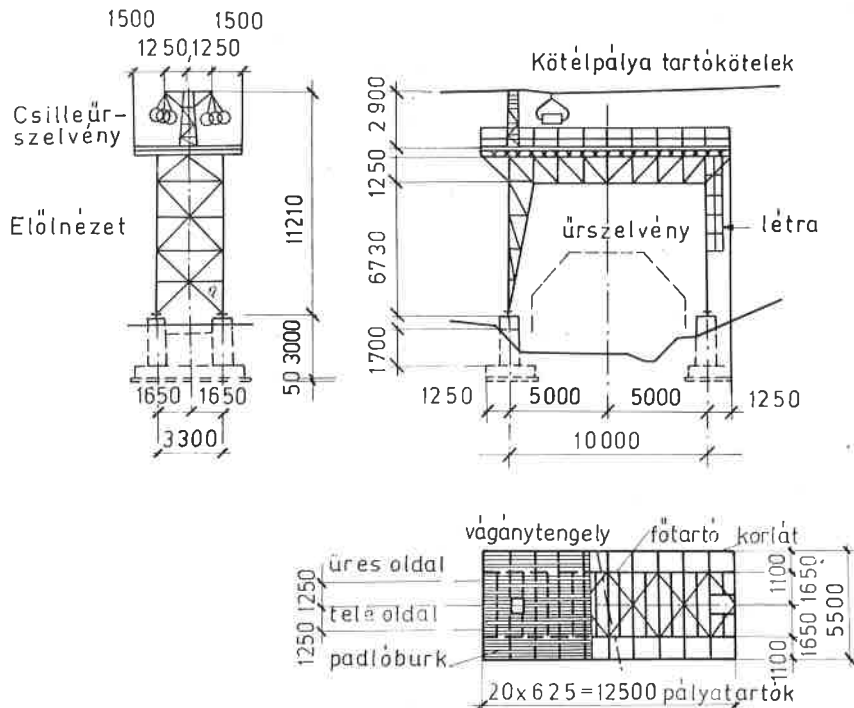
Mindkét jelenleg tárgyalt védőberendezés tervezése sajátos függőpálya-feladat, mivel a védőberendezések és a függőpálya pályatervek kialakítása szoros összefüggésben van egymással.

Az UVATERV 1964—1966 között a Budapesti Műszaki Egyetem Acélszerkezeti Tanszékén védőhid és védőháló kísérletsorozatokat végeztetett a méretezéseknél mutatkozó bizonytalanságok korlátozása és különleges szerkezeti kialakítások lehetővé tétele céljából.

Védőhidak kísérleti vizsgálata

Míg a statikus terheléseknél elsősorban szilárdsági igényeket kell kielégíteni, az ütőhatásra való méretezésnél a szilárdsági és az esetleg jelentkező stabilitási igényeken kívül a leeső tömeg mozgási energiáját kell a tartó alakváltozási munkájával egyensúlyozni. A statikus jellegű teher tartósan hat, az ütőhatás pillanatnyi igénybevételre kelt.

Statikus jellegű terhek hordására kialakított szerkezeteknél ténylegesen csak rugalmas alakváltozások engedhetők meg. Ütőhatásnak kitett, cserélhető szerkezeti elemek viszont úgy is méretezhetők, hogy maradó alakváltozások keletkeznek, amennyiben az így létrejövő alakváltozási munka felémészti az adott mozgási energiát, mielőtt a tartó vagy kapcsolatai tönkremennek. A képlékeny alapon történő méretezés itt elsősorban nem a teher-



1. ábra Acélszerkezetű kötélpálya védőhid

bírás-növekedés, hanem a maradó alakváltozás közben végzett tetemes alakváltozási munka miatt előnyös.

A fenti feladatok megoldása, a különféle ütőcsökkentő elemek alkalmazásának kérdése több szempontból bizonytalan. A fizikusok és matematikusok egzakt vizsgálati módszereitől eltérően a mérnököknek olyan gyakorlati méretezési módszerek kialakítására van szükségük, amelyek a méretezés céljaira viszonylag egyszerűen és kellő biztonsággal alkalmazhatók. E módszerek ne tegyenek kötöttségeket sem az ütközés helyére sem az ütközőfelület kialakítására (pl. adott sugarú gömbfelület ütközik síkfelülethez).

A teherszállító függőpályák alatti új védőhidak létesítése igen gyakran jelentkező feladat mind az új, mind a már üzemben levő függőpályáknál, így a fenti problémák csökkentése érdekében célszerű kismintakísérlet-sorozatok és természetes nagyságú kísérletek végeztetése.

A számítási eljárást a meglévő közeleltítő megoldások alapulvételével fejlesztettük ki.

A vizsgálatok az alábbiak szerint csoportosíthatók:

a) **Kisminta-kísérletek** kéttámaszú hajlított tartókkal, statikus jellegű folytonosan növekvő teherrel, illetve dinamikus jellegű leeső teherrel, merev és rugalmas tartóalátámasztások esetében.

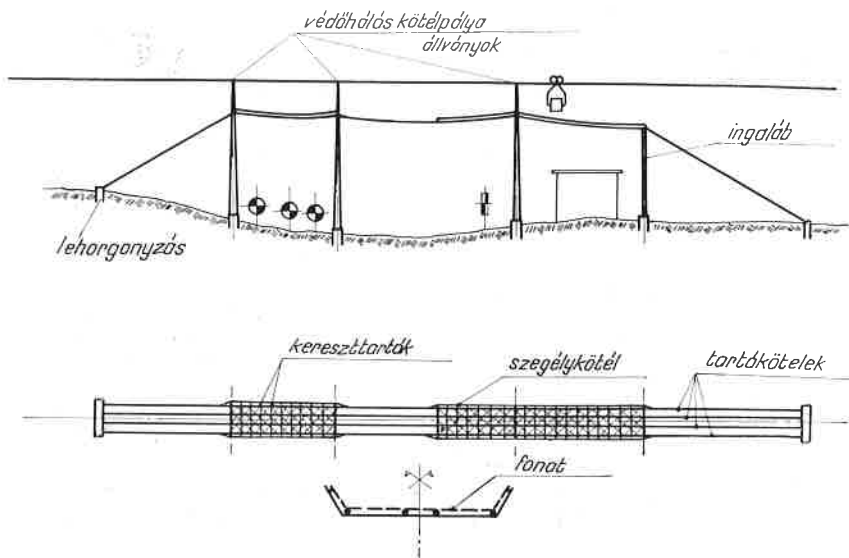
A kisminta-kísérletek során:

1. A 12×12 és 20×20 milliméteres négyzetacélok vizsgálata statikus jellegű teherrel tönkremenetelig és dinamikus jellegű leeső teherrel a rugalmas és a képlékeny alakváltozási zónában.

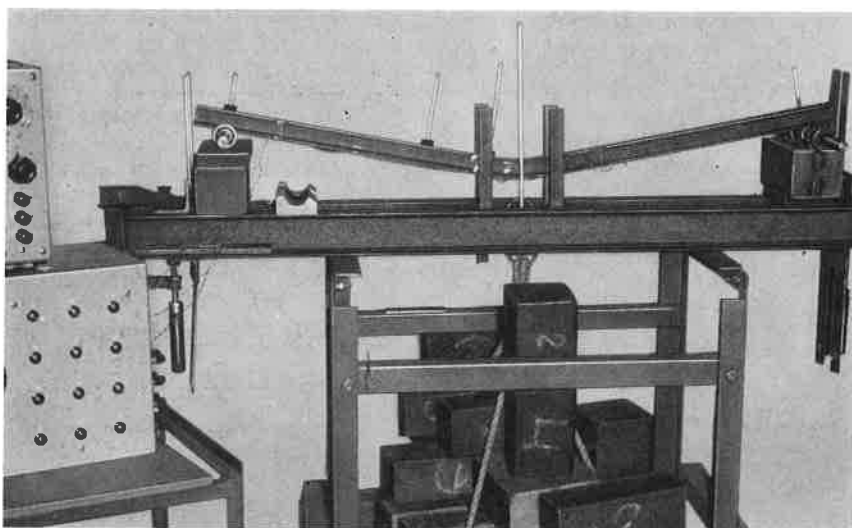
2. Az I acéltartó-modellek terhelése során a hajlított lemezszelvények és hengerelt szelvények vizsgálata statikus és dinamikus teherrel.

3. Hengerelt I tartók vizsgálata statikus teherrel a tönkremenetelig.

4. A 40×10 mm-es tölgyfalc vizsgálata statikus jellegű teherrel törésig és dinamikus jellegű teherrel a rugalmas alakváltozási zónában, valamint a lécs dinamikus teherrel való törése.

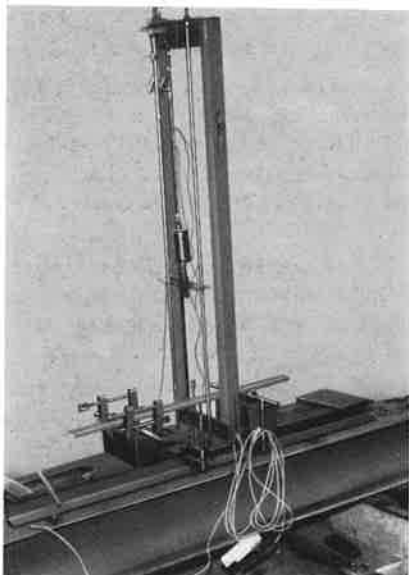


2. ábra Szokásos elrendezésű védőháló



3. ábra Kisminta-kísérlet elrendezése statikus terhelés esetében

4. ábra Kisminta-kísérlet elrendezése dinamikus terhelés esetében



b) **Csődarabok összenyomása** statikus jellegű teherrel, ezen belül a teher és az alakváltozás közötti összefüggés és az összelapító erő mérése.

1. Kisminta-kísérletek, dinamikus kísérletekkel

2. Természetes nagyságú kísérletek védőhidaknál ütécscillapításra ténylegesen felhasznált csődarabokkal.

c) **Az a) alatti dinamikus kisminta-kísérletek védőcsövek felhasználásával**

d) Kéttámaszú I 260 és I 160 mm-es gerendákkal végzett **természetes nagyságú kísérletek** a Tatabányai Szénbányánál. A fenti kísérleteknél a leeső terhek általában különféle súlyú acéltömegek voltak, de végeztünk kisminta-kísérleteket a rakománytömörödés hatásának vizsgálatára szemcsés anyagokat tartalmazó dobozokkal is.

A leeső acélsúlyokat, amennyiben azok közvetlenül a tartóra estek, más

elméleti vizsgálati módokkal való összehasonlítás céljából gömb ütközőfelülettel, védőcsövekre való ejtésekkor pedig ék ütközőfelülettel alakítottuk ki.

A vizsgálatok eredményei

A megütött tartókban az első ütközés során valamennyi kísérletnél maximális igénybevétel keletkezett. A leeső teher visszapattanása utáni második ütközés egyetlen egyszer sem volt mértékadó.

Mereven alátámasztott, kéttámaszú, szabad végpelfordulású fa- és acélmodellek, valamint acéltartók esetében az alakváltozás közben a leeső test által végzett többletmunka figyelembevételével finomított eddigi számítási eljárás a rugalmas tartóalakváltozás tartományában a mért eredményekhez viszonyítva megfelelőnek bizonyult.

Rugalmasan alátámasztott, kéttámaszú, szabad végpelfordulású fa- és acélmodellek esetére a kísérletek során kidolgozott méretezési eljárást a rugalmas tartóalakváltozás tartományában a kísérletek mért eredményei igazolják. A rugalmas alakváltozások lényegesen csökkentették az igénybevételeket a merev alátámasztásoknál fellépőkhöz viszonyítva.

Védőcsővel védett, mereven alátámasztott, kéttámaszú, szabad végpelfordulású acélmodellek és acéltartók esetére a kísérletek során kidolgozott méretezési eljárásunkat a rugalmas tartóalakváltozás tartományában a kísérletek mért eredményei igazolták. A védőcsövek lényegesen csökkentették az igénybevételeket a védőcső nélküli tartóknál fellépő analóg igénybevételekhez viszonyítva. Az ágyazási viszonyok hatása csekély volt.

Mereven alátámasztott, kéttámaszú, szabad végpelfordulású acélmodellek és acéltartók esetére kidolgozott méretezési eljárásunkat a rugalmas-képlékeny tartóalakváltozás tartományában a kísérletek mért eredményei igazolták. Ugyanakkor valamennyi kísérletnél helytelennek bizonyult az MSZ 6798—59 szerinti — ugyanerre a terhelési esetre vonatkozó — szorzótényező.

A statikus koncentrált teherrel terhelte tartók rugalmas-képlékeny alakváltozásainak létrejöttéhez egy-egy teherlépcső felhelyezése után 1—30 perc időre volt szükség, azaz a rugalmas-képlékeny alakváltozás viszonylag lassan alakult ki. A lehajlások (a kialakításhoz szükséges időt teherlépcsőként

megvárva) nagyobbak voltak a számítottnál. Gyors egymás utáni teherlépcső-felhelyezésekkor a mért és a számított lehajlások jó egyezést mutattak.

A képlékeny csukló kialakulását előidéző és felhasználó kísérleteknél I acélok kibicsaklásának megelőzésére megfelelőnek bizonyult az irodalomban található geometriai feltételek biztosítása.

Szemcsés anyagokat tartalmazó leeső teher esetében a tartóigénybevételek csökkennek az egységes vastömegeből álló leeső súly okozta igénybevételekhez viszonyítva, a csökkenés foka azonban kicsiny és bizonytalan.

A hajlítási σ_F értékek a próbapálcaszakítások analóg σ_F -jeihez viszonyítva lényegesen nagyobbak. Az arány a nyúlássebességek növelésével ugyancsak növekszik. Ez a jelenség, bár az utószilárdulás hatása nem tisztázott, általánosságban tapasztalható volt.

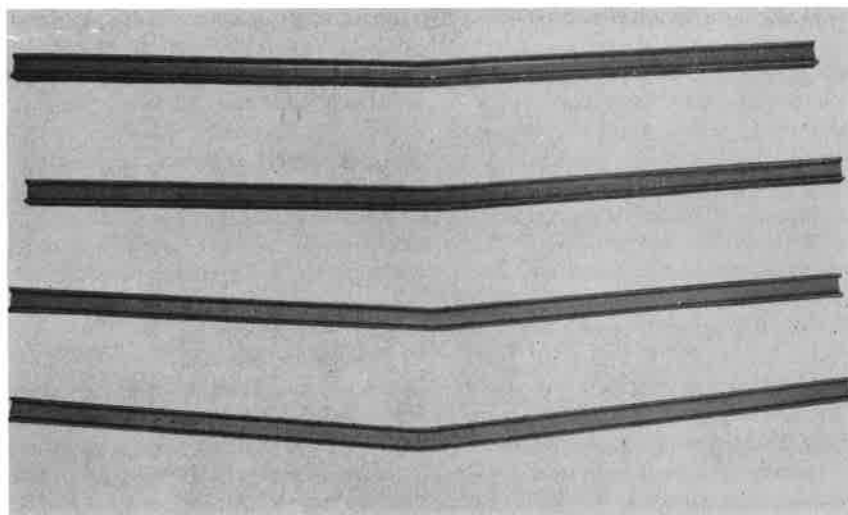
A kísérletek során sok olyan adatot is mértünk, melyek kimunkálásra nem kerültek. Ez lehetővé teszi a további részvizsgálatokat a mindenkori konkrét céloknak megfelelően.

Védőhálók kísérleti vizsgálata

A függőpályáknál szokásos védőhálók három vagy négy tartókötéllal épülnek, melyeket végeiken lehorgonyoznak, közbenső helyeken pedig alátámasztanak. Ezekre erősítik a felhajlított végű kereszttartókat a végeiken végigfutó szegélykötéllal. Az így keletkező rácsra kötözik az egy- vagy kétrétegű sodronyfonatot.

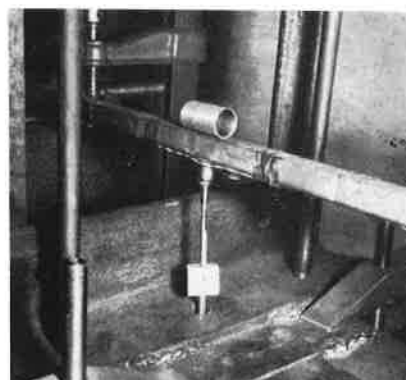
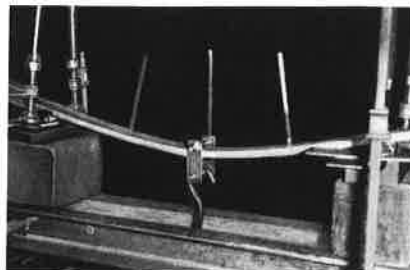
Az ellenőrző számítások szorosan vett hálószerkezeti része a háló alatti és feletti űrszelvény vizsgálatára, a tartókötelek igénybevételére és a háló méreteire terjednek ki, mégpedig különféle statikus terhelések és a legkedvezőtlenebb dinamikus terhelés (leeső csille) esetére. A statikai vizsgálat módszere gyakorlatilag egzaktnak tekinthető, azonban a dinamikus terhelés matematikai modellezése számos bizonytalanságot tartalmaz, és a szakirodalomból ismert különféle módszerek jelentősen eltérő eredményekre vezetnek. Ez a bizonytalanság különösen élesen jelentkezett a szokásos viszonyoktól eltérő elrendezésű hálók tervezésénél.

A fentiekén kívül eltérő vélemények alakultak ki az alkalmazható sodronyfonatok célszerű szerkezetére is. Aggályok merültek fel a beszerezhetőség és a szerelés szempontjából különösen előnyös ún. gépfonat megbízhatóságával szemben. A fonatok ellenőrzőszá-



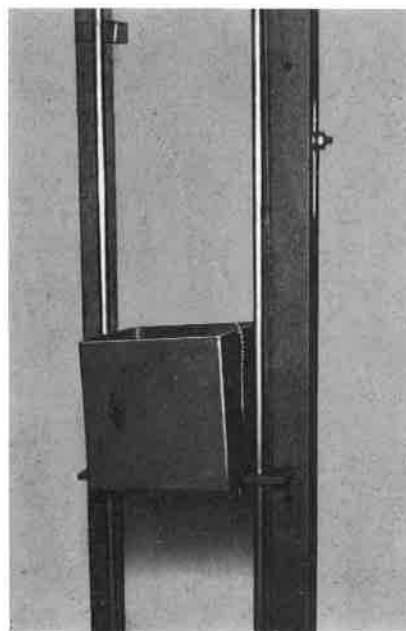
5. ábra Hengerelt I acélmodellek különböző magasságból végzett, képlékeny alakváltozást előidéző ütéshatások után

6. ábra Tölgyfalec statikus terhelése



7. ábra Dinamikus kisminta-kísérlet védőcsövél

8. ábra Szemcsés anyagokat tartalmazó doboz ejtőkísérlethez



mítására még közelítő módszerek sem találhatók a szakirodalomban.

Tekintettel arra, hogy védőhálók építésére, átalakítására, megerősítésére gyakran kerül sor, szükségesnek és gazdaságosnak mutatkozott olyan kísérletek végrehajtása, melyek a felsorolt bizonytalanságokat legalábbis jelentős mértékben kiküszöbölik.

A védőhálók dinamikus vizsgálatára szolgáló különféle módszerek egységesek abban, hogy a hálószerkezetből kiragadott tartókötel ellenőrzésére szorítkoznak és a számítást a leeső súly külső munkájának és a rendszer belső munkájának egyenlősége alapján eszközlik. A számítás részletes feltételeiben és így az eredményekben is jelentős eltérések mutatkoznak. A kísérletekkel először is az egyes számítási módszereket — konkrétan az UVATERV gyakorlatában alkalmazott, a Dukelszkij-féle és a Czitary-

féle eljárást – kívántuk ellenőrizni, a legmegfelelőbbet kiválasztani és azt finomítani. További cél a fonatokkal kapcsolatos kérdések tisztázása volt. A változatok széles skáláját csak kismintával biztosíthattuk, míg a kismintakísérletek eredményhalmazának szűrőpróbaszerű ellenőrzésére természetbeli kísérletekre volt szükség.

A kísérleti vizsgálatok az alábbiakat foglalták magukba.

a) A háló-tartókötelek dinamikai számítására szolgáló különféle számítási eljárások ellenőrzése kismintákon.

b) Sodronyfonatok közelítő számítására kidolgozott új eljárás ellenőrzése kismintákon és természetes modelleken. Egyes fonatfajták viselkedésének vizsgálata.

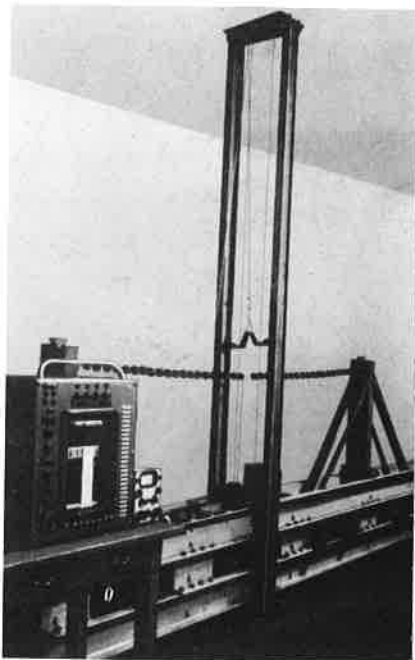
c) Útőterhelésre igénybe vett védőháló viselkedésének vizsgálata kis- és természetes méretű mintákon.

A természetbeni kísérleteket a Tata-bányai Szénbányák és a Kaposvári Cukorgyár hajtotta végre az UVATERV irányításával.

A tartókötelek vizsgálatára az \varnothing 2,5 mm, ballaszt súlyokkal egyenletesen terhelt, kifeszített kötélmodellre különféle magasságokból, különféle súlyokat ejtettünk, mérve a keletkező feszültséget és befüggést. Az ejtések során változtattuk még a feszítávolságot, az alapfeszültséget, a ballaszt terhet és az ejtés szelvényét. A kapott eredményeket különféle diagramokon vetettük össze az elméleti úton nyert adatokkal.

A sodronyfonatok számítására sem a hazai, sem a külföldi szakirodalomban

9. ábra A súlyokkal egyenletesen terhelt tartó kötélmódel vizsgálatára készült ejtőpad



nem sikerült anyagot találnunk. Ezért kidolgoztunk egy közelítő számításra szánt elméletet, melyet kisminta- és természetbeni kísérletekkel ellenőriztünk. A kisminták részben merev keretbe fogott, részben tartókötéltre erősített különféle típusú fonatok voltak, melyeket statikus és dinamikus terhelés alá vetve regisztráltuk azok befüggését. A természetbeni kísérletek eredményei az adott célra azért voltak felhasználhatók, mert az ejtés szelvényében nemcsak a tartókötelek, hanem a megütött fonathely befüggését is mértük. A kismintákat a fentiek kívül hasítóvizsgálat alá is vetettük.

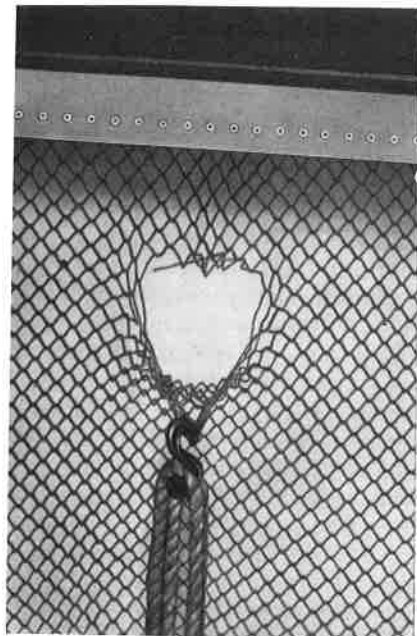
A természetbeni kísérleteket Tata-bányán egy lebontott pályáról visszamaradt és a Tröszt által kísérleti célra átalakított védőhálón, Kaposvárott pedig a helyreállított és ejtőpróba hatóságilag kijelölt védőhálón folytattuk. A kísérletek során a tartókötelekben fellépő pillanatnyi feszültséget és azok, valamint a megütött fonathely befüggését mértük.



10. ábra Gépfonat fokozatosan növelt terhelése

A tartókötel-modellel nyert adathalmazt (feszültségek, befüggések, munkák) különféle diagramokban dolgoztuk fel. Elkészítettük a „feszültség-befüggés”, „feszültség-munka” és „esési magasság-feszültség” diagramok sorozatait, minden esetben a mérés és a különféle elméletek szerint számított értékek vonalaival.

E diagramvonalak összevetése azt mutatja, hogy a hazai eljárás a külföldiekkel ellentétben a mért értéktől mindenkor a biztonság javára eltérő eredményeket szolgáltat, a szokásos — a támköz 1/10-énél nem nagyobb — esési magasságok esetén jól használható, de a magasság növekedésével egyre durvább túlméretezéshez vezet. Az eljárás lényegesen egyszerűbb és általánosabb, mint a külföldiek. További alkalmazása tehát indokolt. Különleges esetekben a diagramokból megállapítható redukciós tényező alkalmazásával kerülhetjük el a túlméretezést.



11. ábra Gépfonat hasítóvizsgálata

A fonatmodellek vizsgálata azt mutatta, hogy az általunk kidolgozott számítási eljárás alkalmas a fonat teherbírásának és befüggésének tájékoztató jellegű megállapítására, továbbá, hogy a gépfonat megbízhatósága nem kisebb mint más fonattípusoké.

A természetbeni kísérletek eredményeit röviden úgy jellemezhetjük, hogy azok nem cáfolták sem a modellkísérletek útján tett megállapításokat, sem az eddigi elméleti feltevéseinket.

A kísérleti vizsgálatok eredményeinek gyakorlati alkalmazása

Az eredmények alkalmazása a gyakorlati védőberendezés-tervezésben már a kísérletek folyamán megkezdődött.

A kísérleti eredmények szaktervezőkkel való megismertetése egyrészt a kísérletekkel foglalkozó UVATERV-kiadványok közzéreadása útján, másrészt a Közlekedéstudományi Egyesület Kötélpálya munkacsoportjának rendszeres ülésein folyik, nem utolsósorban pedig a tényleges tervezési munkák során konzultációk formájában.

A kísérleti eredmények az utóbbi években végzett védőhid- és védőháló-tervezésnél a mindenkori lehetőségeknek megfelelően alkalmazásra kerültek.

Az elvégzett kísérletek beváltották a hozzájuk fűzött reményeket, védőhidak és a védőháló tervezése és kialakítása határozottabbá, célszerűbbé vált, és lehetőség adódott a vonatkozó hatósági előírások ésszerű módosítására is.

Dr. Andor Sasvári und Géza Imre:

VERSUCHSPROBE VON SCHUTZBRÜCKEN UND SCHUTZNETZEN

UVATERY unternahm umfassende Versuche auf Kleinmodell- und Naturgrössengrundlage zwecks Kontrolle, Verfeinerung und Ergänzung der Berechnungen bezüglich der Stossbelastung von Schutzbrücken und Schutznetzen für Schwebbahnen. Die Autoren geben den Verlauf und die Ergebnisse der Versuche bekannt.

In ihrem Artikel stellen sie fest, dass bei Schutzbrücken — im Falle von zweistützigen Stahlträgern und Holzträgern — die früher theoretisch ausgearbeiteten Vorschläge für Dimensionierung auf Stosswirkung kontrolliert werden konnten und sich Gelegenheit bot, um neue Berechnungsverfahren auszuarbeiten, mit besonderer Hinsicht auf die Ausnutzung der bildsamen Formänderungsbereiche und der Schlagverminderungseinrichtungen.

Bei den Schutznetzen wurden im Laufe der Kleinmodellversuche die auf Einwirken von Stossbelastung in dem Durchhang und in der Spannung der Tragseile mit statischer Grundbelastung auftretenden Veränderungen gemessen und mit den errechneten Werten verglichen. Die Fachleute von UVATERY haben hinsichtlich der Tragfähigkeit der Maschendrahtgewebe und ihren Durchhang ein annäherndes Berechnungsverfahren ausgearbeitet, dasselbe durch Modellversuche kontrolliert und zugleich Erfahrungen bezüglich der Zuverlässigkeit der verschiedenen Drahtgewebetypen erworben.

Die Versuche in natürlicher Grösse bezweckten die Kontrolle der Ergebnisse von den Modellversuchen.

Als Ergebnis der durchgeführten Versuche ist es gelungen, den grössten Teil der Unsicherheiten in der dynamischen Berechnung der Schutzbrücken und Schutznetze zu beseitigen, ihre Gestaltung zu rationalisieren, sowie eine Grundlage für die nötige Modernisierung der bezüglichen behördlichen Vorschriften zu schaffen.

Dr. Andor Sasvári and Géza Imre:

EXPERIMENTAL TEST OF PROTECTING BRIDGES AND SCREENS

For the control, improvement and completion of calculations in connection with the impact load of protecting bridges and screens of cableways, UVATERY performed extensive tests on models and on natural scale. The authors describe the course and results of these tests.

In the article the authors state that with protecting bridges — in case of simple steel and timber supports — the suggestions elaborated earlier theoretically for the dimensioning for impact load, could be controlled, and there was a possibility for working out new calculation methods, with especial regard to the utilization of the plastic deformation ranges and impact-reducing devices.

During the course of the model tests with protecting screens (catch-nets), the changes occurring due to impact load in the dip and stress of the suspending cable with a basic static load have been measured and compared with the calculated values. The experts of UVATERY developed an approach method for calculating the load capacity and dip of nettings; these calculations have been controlled by means of model tests, obtaining simultaneously data for the reliability of different types of nettings.

The experiments on natural scale aimed the control of the results of model tests.

As a result of the performed experiments, it was possible to eliminate largely the uncertainties appearing in the dynamical calculation of protecting bridges and protecting screens, to simplify the construction and establish a base for the required modernization of the relative specifications of authorities.

List of figures

- Fig. 1. Cableway protecting bridge in steel construction
- Fig. 2. Protecting screen with conventional arrangement
- Fig. 3. Arrangement of model test in the case of statical load
- Fig. 4. Arrangement of model test in case of dynamical load
- Fig. 5. Rolled I-section models, after impact effects exercised from different heights, causing plastic deformation
- Fig. 6. Static loading of an oak block
- Fig. 7. Dynamical model test with protecting tube
- Fig. 8. Box containing granular materials, used for droptests
- Fig. 9. Drop-bench designed for the test of suspension cable-model loaded evenly by weights
- Fig. 10. Gradually increased loading of a machine-rope
- Fig. 11. Splitting test of a machine-rope

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1. Schwebbahnschutzbrücke mit Stahlkonstruktion
- Abb. 2. Schutznetz in üblicher Anordnung
- Abb. 3. Anordnung eines Kleinmodellversuches im Falle von statischer Belastung
- Abb. 4. Anordnung eines Kleinmodellversuches im Falle von dynamischer Belastung
- Abb. 5. Gewalzte I-Stahlmodelle nach aus verschiedenen Höhen durchgeführten Stossproben, die plastische Formveränderungen verursachen
- Abb. 6. Statische Belastung von Eichenholzplatten
- Abb. 7. Dynamisches Kleinmodellversuch mit Schutzrohr
- Abb. 8. Körniges Material enthaltende Büchse für Fallversuche
- Abb. 9. Fallbank zum Prüfen des mit Gewichten gleichmässig belasteten Tragseiles
- Abb. 10. Stufenweise gesteigerte Belastung von Viereckdrahtgeflecht
- Abb. 11. Spaltprüfung von Viereckdrahtgeflecht