

# CZASOPISMO TECHNICZNE

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY ZAGADNIENIOM TECHNIKI I ARCHITEKTURY

Rok 60

Kraków, Lipiec—Sierpień 1947

Nr. 7—8

TREŚĆ: Od Redakcji — Felix Zalewski inżynier górniczy, Prof. Akad. Górn. Zakład Górnictwo II.: Musimy badać! — Inż. Wojciech Pogany, Zakł. Górn. II.: Nowe drogi w nauce o wytrzymałości. — Krystyna Świeżawska, Akad. Górnicza Zakład Górnictwo II, A. G.: Kilka uwag o grzybach niszczących drewno kopalniane. — St. Kwinto, dypl. inż. technolog, Zakł. Górn. II.: Dawne i nowoczesne sposoby impregnowania drewna. — Inż. Wojciech Pogany, Zakład Geologii U. J. Stacja Dośw. bad. grunt.: Nowsze badania dotyczące stwierdzenia wpływu najważniejszych czynników na nośność pali. — Inż. Eugeniusz Łopuszyński, Zakł. Górn. II A. G. w Krakowie: Prostowniki stykowe. — Mgr Jan Głogoczowski, Zakł. Górn. II, A. G. Kraków: O powłokach lakierowych. — Dr. Inż. Tomasz Kluz, Prof. Politechniki, Warszawa: Obliczenie ram ciągłych metodą wtórnych reakcyj (dokończ.) — Kronika Techniczna.

## SŁOWO WSTĘPNE

Z radością zamieszczamy na naszych łamach częściowe wyniki prac naukowych Stacji Doświadczalnej przy Zakładzie Górnictwa II Akademii Górniczej w Krakowie. Piękna inicjatywa Kierownika Zakładu prof. Feliksa Zalewskiego, który wraz z ofiarnym sztabem bezinteresownych współpracowników: (dzisiaj 6 inżynierów i 8 studentów A. G. i Wydziałów Politechnicznych) — potrafił stworzyć z niczego nadzwyczaj ważną placówkę, zasługuje na najwyższe uznanie.

Przy dzisiejszych warunkach gospodarczych, kiedy należy szukać nowych rozwiązań w zastosowaniu materiałów w odbudowie przemysłu i miast — powstanie Stacji Doświadczalnej było koniecznością. Życie stwierdziło to nieodparcie.

Po zakończeniu działań wojennych Zakład nie posiadał żadnych urządzeń a biblioteka była zdewastowana. Dzisiaj Zakład pracuje na pełnych obrotach nad zleceniami Ministerstwa Lasów, Przemysłu Węglowego, Instytucji Państwowych i Przemysłu Prywatnego.

Z ważniejszych prac Zakładu wymienić należy: badanie gruzu dla odbudowy zniszczonych miast, badanie drewna kopalnianego w celu jego normalizacji i ustalenia ścieralności, badanie wpływu niskich temperatur na beton przy budowie szybów metodą zamrażania, badanie transporterów gumowych, badanie modelowe profilu obudowy chodnika kopalnianego i tunelu, badanie materiałów budowlanych, gruntu budowlanego i t. p.

Wyniki te zawdzięcza się wobec początkowej znikomej pomocy Państwa — tylko niezmiernie energię twórców Zakładu, którzy zaufanie posiadane w sferach gospodarczych umieli przekuć na wyniki pracy i na odbudowę urządzeń Stacji, dokonaną nieraz własnymi rękoma współpracowników.

Zakład dysponuje dzisiaj kompletnym laboratorium wytrzymałościowym, chemicznym i urządzeniami do badań psychotechnicznych.

Inwentarz urządzeń zawiera 2 prasy hydrauliczne do 150 ton, maszyny do obróbki i badania kamienia, drzewa, urządzenia do badania odporności na ogień i mróz, aparat do metody fotoelastycznej i inne aparaty modelowe, aparat Roentgena, aparat do badania wytrzymałości włókien tekstylnych, szereg mikroskopów, wkońcu bogatą bibliotekę.

Wymienione wyniki rokuja krakowskiej placówce naukowej najpiękniejsze nadzieje rozwoju, czego jej serdecznie życzymy.

REDAKCJA

## FELIKS ZALEWSKI

inżynier górniczy  
Prof. Akademii Górniczej  
Zakład Górnictwo II.

## MUSIMY BADAĆ!

Olbrymi potencjał przemysłowy państw zachodnich, takich jak USA, Anglia, Francja, Belgia, Holandia i Niemcy ma swoje źródło w badaniach laboratoryjnych. Już parę lat przed ostatnią wojną wszelkie wyniki badań, jak też i metody badawcze oraz same laboratoria, nawet luźno związane ze sprawami wojskowymi były w tych państwach pilnie strzeżone i okryte tajemnicą, Równocześnie inwestowano w laboratoria olbrzymie sumy i zatrudniano najlepszych specjalistów i uczonych.

Specjalnie w Stanach Zjednoczonych, jeszcze przed wojną, a w szczególności w czasie jej trwania prowadzono w różnych ośrodkach uniwersyteckich prace nad różnymi problemami. Laboratoria uniwersytetów i wyższych zakładów naukowych technicznych, nawet mniejszych były wspaniale wyposażone. Również angielskie laboratoria chemiczne i fizyczne pracowały przez jakiś czas trwania wojny nad stalami szlachetnymi, lekkimi metalami, materiałami wybuchowymi, aerodynamiką, balistyką, falami ultrakrótkimi, rozbięciem atomu i bombardowaniem jądra atomowego.

Również Niemcy prowadziły równoległe podobne prace; poczynania i wyniki ich prac są obecnie lepiej znane. Laboratoria ich były dobrze ukryte; nie narażone na ataki lotnicze prowadzić mogły dalej swe prace badawcze i podczas wojny. Ich badania były osłonięte najgłębszą tajemnicą i dopiero teraz dochodzą do nas o tym wiadomości. Wysiłki Niemców szły przeważnie w kierunku dostarczenia odpowiednich materiałów zastępczych dla potężnie rozbudowanej maszyny wojennej. Tak uzyskały zakłady „Leuna“ z węgla benzynę, z karbidu „bunę“, dalej otrzymano żywe sztuczne, lakiery i barwiki oraz z glinu i magnezu cenne dla lotnictwa lekkie stopy.

Niektóre wyniki badań są publikowane w czasopismach zagranicznych. I tak francuski „La technique moderne“ marzec 1946 podaje szczegóły o Instytucie Lotniczym w Völkerrede, w skład którego wchodziły olbrzymie zabudowania z wielu oddziałami. Był on wyposażony w najnowocześniejsze urządzenia badawcze. Instytut ten miał oddziały:

1. Oddział aerodynamiczny.
2. Dynamiki gazu.
3. Oddział broni pokładowej.
4. „teoretycznej i doświadczalnej balistyki.
5. „specjalnych aparatów.
6. „motorów odrzutowych (Eksplionsmotoren).
7. „metaloznawstwa.

Poszczególne oddziały były wspaniale wyposażone. Poniżej zamieszczam krótki opis ich wyposażenia i prac dokonywanych.

Oddział 1a był wyposażony w cały szereg tuneli powietrznych, z których największy był o średnicy otworu 8,6 m przy szybkości przepływu powietrza 100 m/sek. Przy drugim o średnicy tylko 2,7 m można było zato szybkość powietrza zwiększać, aż do szybkości głosu. Silnik napędzający to urządzenie był o mocy 12 tys. KW.

Oddział 1b opracowywał głównie problemy metodą interferencyjną dwoma promieniami światła. Zajmowano się tutaj przeważnie porównaniami nośnymi samolotów i badaniem różnego wyposażenia motoru, chłodnic, płyt samolotowych, lotek i techniką spadochronową.

Oddział 2a przeprowadzał badania w otwartym i zamkniętym tunelu powietrznym, z których każdy był wyposażony silnikiem o napędzie 6 tys. KW. Turbokompresory do wywołania ruchu powietrza w tych tunelach były tak urządzone, że każdy z nich mógł niemal podwoić swoją wydajność przez dołączenie obydwu motorów do jednego turbogenerators. Obydwa tunele były zaopatrzone w urządzenia fotograficzne systemu Schliera. W jednym z tych kanałów jest urządzenie do zwiększania szybkości, aż do wielkości 1,8 Mach., drugi o przekroju 0,3 m × 0,3 m był wyposażony w urządzenie do szczelinowej fotografii, wagę gotingską dla mierzenia 3 współrzędnych (komponent) i w urządzenie do pomiarów metodą interferencyjną. Kanał był przystosowany do mierzenia szybkości odpowiadającym 3,9 Mach., osiągnięto jednak największą szybkość 2,4 M. Czwarty kanał służył do badań i pomiarów w próżni.

Oddział 2b rozpatrywał zagadnienia związane ze spalaniem materiałów pędnych, technologię tychże materiałów, zagadnienia wydmuchu i teoretyczne prace.

Oddział 3: przeprowadzono tam badania w kanale strzelniczym o długości 400 m, średnicy 4,8 m na początku i 7,2 m na końcu. Kanał ten był urządzone tak, że mógł do niego podjeżdżać gotowy samolot i można było wypróbować broń pokładową w rozrzedzeniu odpowiednim dla 10 tys. metrów wzniesienia. Specjalne urządzenia pozwalały na fotografowanie pocisków z czasem ekspozycji 1/1.000.000 sek. Na końcu tunelu oraz w odstępach co 100 m były zamontowane urządzenia do pomiaru temperatury, którą mierzono w komorze spalania oraz w ścianach luf działek.

Oddział 3b był zatrudniony badaniem i porównywaniem broni pokładowych, broni przeciwlotniczej tak własnej, jak i nieprzyjacielskiej.

Oddział 4 zajmował się specjalnie bronią pokładową oraz prawdopodobnie bronią V 1 i V 2.

Oddział 5 rozmaitymi aparatami specjalnymi.

Oddział 6 spalaniem, wymianą ciepła, stratami, ciśnieniem oraz falami ciśnienia i eksplozji.

Oddział 7a specjalnie był wyposażony w maszyny do badania wytrzymałości. A więc we wszelkiego rodzaju urządzenia do badania wytrzymałości na ciągnięcie, ściskanie, zginanie w granicach od 0,3 do 60 t. Maszyna do badania sprężyn mogła wykonywać próby jednocześnie na 48 sprężynach. Poza tym znajdowały się tam urządzenia do opracowywania zagadnień i badań najróżnorodniejszego rodzaju na wszelkich materiałach.

Oddział 7b zajmował się specjalnie badaniami nad stałą, połączeniami magnezu, duraluminium, materiałami plastycznymi, drewnem i wyrobami ceramicznymi.

Poza tym jednym ośrodkiem, przeznaczonym specjalnie do badań samolotowych był w Niemczech cały szereg innych nie gorzej wyposażonych zakładów badawczych. Do specjalnie na sprawy wojskowe nastawionych laboratoriów należało laboratorium na duńskiej wyspie Bornholm, laboratorium w Zinowit na wyspie Usedom. Obydwa laboratoria zajmowały się przedewszystkim problemami rozbicia atomów. Laboratoria w Zinowit były zniszczone atakiem lotniczym, gdy tylko Anglicy dowiedzieli się o celu badań. Oba te ośrodki, a więc na Bornholm i w Zinowit powstały dopiero podczas wojny.

Jeszcze przed dojściem do władzy Hitlera w Niemczech znajdowała się duża liczba poważnie wyposażonych instytutów badawczych jak np.: Kaiser-Wilhelminstitut w Düsseldorfie, Kaiser-Wilhelminstitut dla badań aerodynamicznych w Göttingu, Aerodynamiczny Instytut w Akwizgranie, Instytut dla badania stali związku stalowni niemieckich w Darmstacie, Instytuty dla badań górniczych w Freibergu i Wrocławiu, Instytut dla badania drewna w Eberswalde, Instytut hydrologiczny w Karlsruhe, Laboratorium badawcze koncernu Siemens, Laboratorium badawcze koncernu AEG, Dwa ostatnie nastawione były na badanie specjalnie zagadnień elektrotechnicznych.

Poza tym na terenie Niemiec znajdowało się cały szereg świetnie wyposażonych laboratoriów badawczych, które prowadziły badania nad farbami, materiałami wybuchowymi, lekami i t. p. Swoje własne laboratoria posiadały również duże koncerny, takie jak Leuna, IGFI i t. d.

Pod względem wyposażenia technicznych na wysokim poziomie znajdowały się wszystkie wyższe uczelnie i politechniki niemieckie ze swoim świetnym dobrze wyszkolonym personelem. Oprócz zadań pedagogicznych prowadzono tam badania praktyczne dla podniesienia techniki i wiedzy, uzupełniając sieć placówek pracujących dla potencjału przemysłowego Niemiec. Niemcy pamiętały o tym dobrze, że potencjał przemysłowy jest rów-

noznaczny z potencjałem wojennym a wysoko stojący przemysł, dobrze zorganizowane wytwórnie, oparte na naukowych podstawach i najnowszych badaniach, pozwolą przeciwstawić się całemu światu.

Z tej krótkiej notatki musimy wyciągnąć dla nas odpowiednie wnioski. Musimy również pamiętać, że węgiel jest naszym najważniejszym surowcem. Jest on potrzebny dla wysokich pieców, walcowni, cementowni, przemysłu ceramicznego, fabryk maszyn, a przerobiony na prąd w elektrowniach umożliwia uruchomienie szeregu innych przemysłów, a więc tekstylnego, papierniczego i t. d. Produkcja i eksport węgla postawione na odpowiednim poziomie zapewnią nam import wszelkich wyrobów. Węgiel jest zatem najwartościowszym surowcem. On warunkuje o naszym potencjale gospodarczym i znaczeniu w Europie. On decyduje również o poziomie życiowym obywateli. Jest zatem jasne, że temu naszemu bogactwu musimy poświęcić specjalną uwagę przez:

- 1) Zapewnienie przywilejów i ochrony górnikom i ludziom związanym z górnictwem.
- 2) Osiągnięcie produkcji możliwie najwyższej.
- 3) Obniżenie kosztów eksploatacji do minimum.
- 4) Najdalej posuniętą oszczędność i wykorzystanie maszyn, urządzeń, materiałów pomocniczych, drewna, smarów i t. d.
- 5) Oszczędzanie, lub zredukowanie rozchodu materiałów i surowców krajowych i importowanych.
- 6) Ustalenie naukowych podstaw higienicznych i psychotechnicznych w górnictwie dla zredukowania zmęczenia i podniesienia wydajności pracy oraz zadowolenia z pracy.

Obecnie prowadzone są pod moim kierownictwem w Zakładzie Górnictwo II Akademii Górniczej badania i tworzy się warsztat naukowy dla opracowywania problemów, związanych z górnictwem i z pokrewnymi dziedzinami. Jestem pewien, że w Polsce znajduje się wiele podobnych placówek, może lepiej zorganizowanych i lepiej wyposażonych od mojej, która zaczyna stawiać pierwsze kroki dopiero. Przypuszczam, że takie placówki powstaną jeszcze. Dla uzyskania wyników, poza dobrymi chęciami moich współpracowników, muszą mieć odpowiednie finansowe podstawy. Bez pomocy władz i czynników miarodajnych tego rodzaju placówki badawczej nie wyposażą się w najnowocześniejsze maszyny, urządzenia i przyrządy. Artykuł ten traktuję jako wstęp do wypowiedzi moich współpracowników.

Ten tylko kto rozumie, że praca badawcza, praca naukowa ma utorać drogę przemysłowi, jedynie potrafi zorganizować go na racjonalnych, naukowych podstawach. Tylko w tych warunkach przemysł wykaże się wynikami zadawalniającymi. Sprawa więc budowy instytutów badawczych w naszych warunkach, po spustoszeniach powojennych, jest koniecznością. Dotyczyć to musi wszystkich przemysłów, które jeszcze teraz leczą swe rany, pracując dotychczas maszynami i wzorami przedwojennymi. Wkrótce jednak rozpocząć będą mu-

siały produkcję dostosowaną do potrzeb naszych i z wynikami jakościowymi, stojącymi przynajmniej na poziomie światowym, konkurencyjnymi, w każdym bądź razie. Kwestja bowiem konkurencyjności, nie tyle po nasyceniu naszego wewnętrznego rynku, ile po zadowoleniu koniecznych jego potrzeb, stanie się palącą. Musimy bowiem, i to wkrótce być konkurencyjnymi na rynkach światowych.

Zagadnienie konkurencyjności rozpada się, z jednej strony, na ustalenie właściwej metody produkcji, a z drugiej, na racjonalnym i najlepszym zużyciu siły ludzkiej. A więc w produkcji używać należy ludzi odpowiednich, do tej pracy dostosowanych, odpowiednio przygotowanych. Pracować mają w warunkach higienicznych, z zastosowaniem wszelkich środków ostrożności, aby uniknąć wypadków nieszczęśliwych i aby zachować pracowników jaknajdłużej czynnymi w przemyśle, z pełną możliwą ich wydajnością.

Sprawa więc zakładania instytutów badawczych jest nakazem chwili. Instytuty te przede wszystkim muszą być zakładane przy istniejących katedrach wyższych zakładów naukowych, gdyż tu są na miejscu i kierownicy tych zakładów — profesorowie i ich asystenci, ludzie — już do tych prac włożeni i często niewyzyskani, źle uposażeni szukają pobocznych zajęć w szkolnictwie, nawet nie technicznym. Do pewnego stopnia, są już tu

pomieszczenia dla instytutów (w obrębie katedr), a przyszli pracownicy już mają mieszkania. Tą drogą najprędzej i najtaniej można sprawę instytutów ruszyć z miejsca i już im będą mogły przemysły, specjalne, pilne zagadnienia do rozwiązania przekazać.

Na drugim, dalszym planie będzie budowa wielkich instytutów badawczych przez przemysł i dla przemysłu. Na budowę i wyposażenie ich potrzeba będzie wyasygnować znaczne kapitały. Jednocześnie nasuną się trudności z odnalezieniem odpowiednich ludzi do prowadzenia doświadczeń; niemięjsze trudności powstaną ze znalezieniem dla personelu mieszkań. Tak jak obecnie sprawa przedstawia się, nie prędko można się spodziewać przygotowania kadr do tej pracy. I znów nic nie pozostaje jak instytuty budować w miastach uniwersyteckich, w oparciu o wyższe zakłady naukowe, gdyż personel i mieszkania dla niego już są tu, na miejscu, i, o tyle, urządzenie instytutów byłoby tańsze i łatwiejsze. Tak pozyskany personel dla instytutów współpracując blisko z przemysłem, zmieni kardynalnie swe nastawienie, dostosowując swe prace najściślej do potrzeb przemysłu. To przestawienie personelu naukowego na przemysł wpłynie jaknajlepiej na kierunek i metody nauczania przyszłych pracowników przemysłowych. Oczywiście nie pozostanie to bez wyraźnej korzyści dla przemysłu.

Inż. WOJCIECH POGANY — Zakład Górn. II.

## NOWE DROGI W NAUCE O WYTRZYMAŁOŚCI

Mechanika klasyczna i nauka o wytrzymałości nie potrafiła wyjaśnić wiele problemów z budownictwa podziemnego. Badania nateżeń we wnętrzu ziemi (tunel, szyby itd.) na drodze matematycznej w różnorodnym materiale luźnym i stałym napotyka na nieprzezwyciężone trudności. Większość praktyków z dziedziny budownictwa podziemnego stała dotąd na stanowisku, że obliczenie naprzd sił i nateżeń nie jest możliwe. Z podobieństwa z innymi budowlami można zgrubsza ustalić pewne prawidła. O wartości i ściśłości tych prawideł nie chcę tu mówić. W każdym razie nie mają one nic wspólnego z elementarnymi podstawami fizyki wzgl. nauki o wytrzymałości. Część fachowców z tej dziedziny twierdzi, że dla każdego zakresu robót z budownictwa podziemnego można stworzyć statykę budownictwa ziemnego, zależną od stosunków petrograficznych, geofizycznych i statygraficznych. Inni znowu fachowcy uważają badanie problemów wytrzymałościowych w tej formie za beznadziejne.

Ale nie tylko problemy budownictwa podziemnego są ciężkie do opracowania pod względem statycznym i matematycznym, wzgl. w ogóle nie można ich ująć we formie przystępnej dla praktyka. Również problemy z konstrukcji nadziemnych daleko prostsze pod względem fizycznym, od wyżej wspomnianych, wymagają nie rzadko aparatu

matematycznego, którego nie opanowuje zwykły praktyk. Problemy z budownictwa podziemnego, nateżenia wewnątrz ziemi w okolicy próżnych miejsc (tunele itd.) na granicznych powierzchniach fałdów, w rejonie zetknięcia się materiałów usypiskowych i skalnych, nie zgadzają się z uproszczonymi przyjęciami matematycznej teorii sprężystości. Proste problemy, elementy konstrukcyjne i maszynowe z materiału izotropowego (materiały podlegające prawu Hook'a) stwarzają duże matematyczne trudności, jeżeli chcemy badać w nich prawdziwy rozkład nateżeń.

Jeżeli chcemy przeprowadzić obliczenie naprawdę zgodne z zasadami nauki o wytrzymałości, musimy wiedzieć jak są rozłożone faktycznie nateżenia w elementach konstrukcyjnych. Najpierw musimy ustalić, gdzie następują szczytowe nateżenia i jakie wysokie są te nateżenia.

Konstruktor oblicza zwyczajnie nateżenie przy pomocy elementarnych wzorów z nauki o wytrzymałości. Wzory te nie dają jednak obrazu zwyczajki nateżeń, które występują w miejscach stałego wzgl. niestałego przejścia z jednego do drugiego przekroju (wgłębienia, nacięcia, wierconych otworów itd.). Aby zrekomensować te niejasności i niedokładności metod obliczenia, wprowadzono współczynniki pewności. Wartość ich jednak jest wątpliwa. Wyższa teoria sprężystości postawiła sobie już

dawno za zadanie obliczyć faktyczny rozdział nateżeń.

Najczęściej jednak metody te są tak skomplikowane, że zastosowanie ich jest niemożliwe dla konstruktora o normalnym wykształceniu. Już przy ustawianiu równań elastycznych musimy się uciekać do uproszczonych przyjęć, aby umożliwić w ogóle matematyczne rozwiązanie. Jednak takie matematyczne rozwiązanie nie odpowiada stosunkom fizykalnym. W praktyce istnieje wiele wypadków i to ważnych, gdzie nie można znaleźć rozwiązania na drodze czysto teoretycznej.

Pozostaje zatem w wielu wypadkach jedynie droga przez próby. Tu należy jednak wspomnieć o matematycznych trudnościach, które występują przy rozwiązaniu wielostatycznie niewyznaczalnych przestrzennych, wzgl. płaskich ram piętrowych. Zadania te nie wymagają jednak ani matematycznej intuicji, ani specjalnych wiadomości w rozwiązywaniu częściowych równań różniczkowych, o oparowaniu wiadomości o funkcjach, jak to ma miejsce przy zadaniach wyżej wspomnianych. Ze stanowiska matematycznego są to zadania elementarne. Rozwiązanie zwykłych liniowych równań przy pomocy wyznaczników, ułatwiane przez metody iteracji, lub przez metody graficzne jest bardzo często uciążliwe. Należy zatem szukać innych dróg i to dróg badania fizykalnego.

Obliczenie konstrukcji nadziemnych (ramy piętrowe, wielokrotnie statycznie niewyznaczalne ciągle sklepienia, rami przestrzenne jakoteż dźwigary kratowe) jest bardzo zawile i skomplikowane. Tego rodzaju obliczenie przysparza większe trudności nie tylko zwykłemu praktykowi, lecz także zawodowemu statykowi. Metody graficzne i analityczne zostały ulepszone i udoskonalone. Dla typowych przypadków obliczenia ułatwione przez tworzenie wzorów, tablic rachunkowych, nomogramów i aparatów dla mechanicznego rozwiązywania całek. Łatwo może się jednak zdarzyć, że statek zagubi swój związek z problemem w powodzi manipulacji rachunkowych. Błędy matematyczne wyszły dopiero przy końcowym, z takim trudem dokonanym rozwiązaniu. Nateżenia i deformacje w punktach szczytowych, załomach, miejscach wklęsłych i punktach utwierdzenia, dały się wyznaczyć przy pomocy dosyć skomplikowanych równań różniczkowych, często tylko w sposób przybliżony, a nieraz w ogóle nie dały się wyznaczyć.

Przy materiałach, które nie podlegają prawu Hook'a, albo których odkształcenie leży w granicach plastyczności, gdzie nie można zastosować równań elastycznych, nie można używać znanych powszechnie metod z nauki o wytrzymałości. Należy tedy szukać innej drogi. Pierwsze drogi w tym kierunku zrobiono w Ameryce, Francji i Anglii a mianowicie w oparciu o statykę doświadczalną. Powstały nie tylko całkiem samodzielne nowe sposoby, ale wprost powstała nowa wiedza.

1. Obliczanie w wysokim stopniu statycznie niewyznaczalnych systemów przy pomocy prób modelowych wzgl. przy pomocy specjalnych aparatów (mikro-influencjometer prof. Magnel'a Belgia, Geut, lub aparat prof. Beggs'a Princetown, N. J.).

Przy obu aparatach mierzy się małe odkształcenia przy pomocy mikroskopu mikrometrowego.

2. Obliczanie w wysokim stopniu statycznie niewyznaczalnych systemów przez podobieństwo do rozdziału prądów sieci modelowej przez mierzenie oporów (mostek Watson'a) (W. Pogany, Czasopismo dla matematyki i mechaniki stosowanej). Berlin 1937.

3. Eksperymentalne wypośredkowanie różnic napięć wewnątrz jednorodnej masy (w szczególności beton) i pomiary odkształceń przy obciążonych elementach budowlanych, za pomocą fal elektrycznych o wysokiej częstotliwości (Paul Santo-Rini). Podobnie przyrząd pomiarowy z elektrycznym aparatem krótkofalowym do mierzenia wydłużenia, siły ciągnącej, siły skręcania, naprężenia w betonie i ciśnienia na grunt (system Machaka, Hamburg).

Metoda pomiaru nateżeń przy pomocy promieni Roentgen'a (Wewer i Möller). Stwierdzenie wewnętrznych nateżeń przy pomocy promieni Roentgena (Handbuch d. Naturw., tom 22, str. 401). Próby modelowe dla badania odkształceń i pomiaru nateżeń w obrębie plastyczności.

W. Pogany, Seidel, Spakeler określają stworzenie się sklepienia i zjawiska płynności w betonie.

Użycie analogii do wyznaczania na drodze doświadczalnej obrazu nateżeń oraz do szukania rozwiązań na tej drodze równań elastycznych, stosowało wielu autorów (H. S. Hele-Shaw: Investigation of the nature of surface resistance of water and of stream-line motion under certain experimental conditions. Trans of the. Inst.: of Naval Arch. 1898. (Wyszomirski: Stromlinien u. Spannungslinien).

Częstokroć zawodowi matematycy i fizycy opracowywali problemy wytrzymałościowe z nadzwyczajną matematyczną orientacją i zainteresowaniem. Dążność do tzw. ścisłego rozwiązania prowadziła wprawdzie do właściwego rozwiązania ustawianych równań różniczkowych, jednak miało to wszystko małą praktyczną wartość. Prawdziwy matematyk uważa matematykę stosowaną, jako coś drugorzędnego; dąży on do właściwego rozwiązania problemu w sensie matematycznym, jednak uzgodnienie wyników pod względem fizykalnym pozostaje na dalszym planie. Pytanie dokąd prowadzi czysto rachunkowa droga i czy drogą tą może kroczyć normalnie wykształcony statek, chciałbym omówić poniżej. Weźmy pod uwagę zwykły problem płaski. Na powierzchni belki lub płyty zaczepiają z dwóch stron siły cisnące. Ażeby znaleźć funkcję nateżenia potrzebną do rozwiązania tego zagadnienia, trzeba, by spełnione były następujące warunki:

$$\Delta^2 F = 0 \quad y \pm h \quad F_{xx} = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = p(x) \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} = 0$$

$$\text{dla } y=0 \quad F_{xy} = \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} = 0 \quad p \begin{cases} = -p_0 & -c < x < +c \\ = 0 & x < -c, +c < x \end{cases}$$

przy tym  $2c p_0 = P$   $c$  dąży do granicy nieskończenie małej.

Nádaí daje następujące wyrażenie dla tej funkcji:

$$F = [A(\alpha) \cos \cdot \text{hyp} \cdot \alpha y + B(\alpha) \alpha y \sin \cdot \text{hyp} \cdot \alpha y] \cos \cdot \alpha x d \alpha.$$

a dla przedstawienia  $p(x)$  całkę Fourier'a dla funkcji  $A$  i  $B$  otrzymuje:

$$-A = B \frac{\alpha h \cdot \cos \text{hyp} \alpha h + \sin \text{hyp} \alpha h}{\sin \text{hyp} \alpha h}$$

$$A \cos \text{hyp} \cdot \alpha h + \alpha h B \sin \text{hyp} \cdot \alpha h = \frac{-2p_0}{\pi x^2} \sin \alpha c$$

i w ten sposób otrzymujemy następujące wartości dla  $A$  i  $B$ .

$$A = -\frac{4p_0 c}{\pi \alpha^2} \cdot \frac{\sin \alpha c}{\alpha c} \left( \frac{\sin \text{hyp} \alpha h + \alpha h \cos \text{hyp} \alpha h}{2 \alpha h + \sin \text{hyp} 2 \alpha h} \right)$$

$$B = \frac{4p_0 c}{\pi \alpha^2} \cdot \frac{\sin \alpha c}{\alpha c} \left( \frac{\sin \text{hyp} \alpha h}{2 \alpha h + \sin \text{hyp} 2 \alpha h} \right)$$

z tego wynika funkcja natężeniowa Nádaí'a w następującej formie

$$F = \frac{-4p_0 c}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin \alpha c}{\alpha^3 c} \cdot \frac{\cos \alpha x \cdot d \alpha}{2 \alpha h + \sin \text{hyp} 2 \alpha h} \cdot (\sin \text{hyp} \alpha h + \alpha h \cos \text{hyp} \cdot \alpha h) \cos \text{hyp} \alpha - \\ - \alpha y \cdot \sin \text{hyp} \alpha h \cdot \sin \text{hyp} \alpha y$$

wstawmy za

$$\alpha h = \xi h \quad y = \eta h \quad 2p_0 c = P \quad 2h = H$$

a otrzymamy

$$F = \frac{PH}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin \left( \lambda \frac{c}{h} \right)}{\lambda \cdot \frac{c}{h}} \cdot \frac{1}{\lambda^2} \frac{\lambda \eta \sin \text{hyp} \lambda \cdot \eta \sin \text{hyp} \lambda}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda} - \frac{\cos \text{hyp} \lambda \eta (\lambda \sin \text{hyp} \lambda + \sin \text{hyp} \lambda)}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda}$$

przez 2-krotne różniczkowanie podług  $y$  i  $x$

$$\sigma_x = F_{xx} = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = \int_0^\infty \frac{\sin \left( \lambda \frac{c}{h} \right)}{\lambda \cdot \frac{c}{h}} \frac{\lambda \eta \sin \text{hyp} \lambda \sin \text{hyp} \lambda \eta - \cos \text{hyp} \lambda \eta (\lambda \cos \text{hyp} \lambda - \sin \text{hyp} \lambda)}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda}$$

$$F_{yy} = \sigma_y = \frac{4P}{\pi H} \int_0^\infty \frac{\sin \left( \lambda \frac{c}{h} \right) - \lambda \eta \sin \text{hyp} \lambda \sin \lambda \eta + \cos \text{hyp} \lambda \eta (\lambda \cos \text{hyp} \lambda + \sin \text{hyp} \lambda)}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda} \cdot \cos \lambda \xi d \lambda$$

$$\tau_{xy} = \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} = \frac{4P}{\pi H} \int_0^\infty \frac{\sin \left( \lambda \frac{c}{h} \right) \lambda \cdot \eta \sin \text{hyp} \lambda \cos \text{hyp} \lambda \eta - \lambda \cos \text{hyp} \lambda \sin \text{hyp} \lambda \eta}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda} \cdot \sin \lambda \xi d \lambda$$

w wypadku gdy  $c$  zbliża się do 0

$$\sin \frac{\lambda c}{h} = \frac{\lambda c}{h}$$

całki dla

$\eta < 1$  pozostają zbieżne  $\cdot \eta = 1$   $\xi$ , różne od 0

$$\tau_{xy} = \sigma_y = 0 \quad \sigma_x = \sigma_x - \sigma_y = \frac{4P}{\pi H} \int_0^\infty \frac{-2 \lambda}{2 \lambda + \sin \text{hyp} 2 \lambda} \cos \lambda \xi d \lambda$$

dla 2-ch naprzeciw siebie leżących ciężarów skupionych można wstawić:

$$\frac{\sin \frac{\lambda c}{h}}{\frac{\lambda c}{h}} = 1$$

wówczas całki są zbieżne.

Dla liczbowego obliczenia stosuje się wzory

$$\sigma_x - \sigma_y = 2 \frac{4P}{\pi H} \int_0^\infty \frac{\lambda \eta \sin \text{hyp } \lambda \sin \text{hyp } \lambda \eta - \lambda \cos \text{hyp } \lambda \cos \text{hyp } \lambda \eta}{2\lambda + \cos \text{hyp } 2\lambda} \cdot \cos \lambda \cdot \xi d\lambda$$

$$\tau_{xy} = \frac{4P}{\pi H} \int_0^\infty \frac{\lambda \eta \sin \text{hyp } \lambda \cos \text{hyp } \lambda \eta - \lambda \cos \text{hyp } \lambda \sin \text{hyp } \lambda \eta}{2\lambda + \sin \text{hyp } 2\lambda} \cdot \sin \lambda \cdot \xi d\lambda$$

wartość tą należy jeszcze podzielić przez  $d$ , gdzie  $d$  jest grubość.

Pigeaud (Comptes Rendus 1905. str. 673) znalazł dobre przybliżone rozwiązanie tego problemu. Warunek  $\Delta^2 F = 0$  nie jest u niego spełniony.

Sommerfeld (Zeitschr. f. Math. u. Phys. Bd 54, 1907, Heft 7) podaje tylko przybliżoną metodę dla małych wartości  $\xi$  zamiast ścisłego rozwiązania.

Timpe (Zeitschr. f. Math. u. Phys. Bd. 55, 1907. S. 149) ulepsza to przybliżenie przez człon dodatkowy we formie szeregu Fourier'a. Filon (Phil. Trans. A. Bd. 201. 1903, S. 106 i Seewald, Abhandlg. a. d. Aeorodyn. Inst. d. Techn. Hochschule, Aachen 1927) doszli na innej drodze do ścisłego rozwiązania. Dla wykorzystania całki zmierzono planimetrem powierzchnie dla wykreślonych członów całki dla  $\lambda = 0$  do  $\lambda = 7$ .

Wartości obliczone zestawiono we formie tablic. Dla rosnącego  $\xi$ , wartości dla natężeń maleją. Błędy planimetru osiągają wkrótce wielkości rzędu natężeń tak, że przy  $\xi = 1$ , wartości stają się niepewne. Myśl zastąpienia całki szeregiem Fourier'a (którego dokładność jest niezależna od metod graficznych) nie może być brana w rachubę, z powodu złej zbieżności powstających szeregów. Uproszczenia wyższych członów w sposób praktykowany przy całkach prowadzi do metod, które w praktyce trudno się dają zastosować.

Prandtl, chcąc otrzymać praktyczne rozwiązanie, podał inną postać dla funkcji natężeniowej dla większego  $\xi$ .

Mesmer oblicza wartości dla natężenia podług formuły Prandtl'a a mianowicie dla  $\sigma_x - \sigma_y$  i  $\tau_{xy}$ . Wartości tych nie naniósł on wykreślić.

Jak z powyższego widać, obliczenie natężeń (wzgl. trajektorii dla natężeń głównych) jest nie tylko mozolną rachunkową pracą, lecz wymaga ono także specjalnego matematycznego wykształcenia, którego nie można wymagać od wykształconego przeciętnie inżyniera. Przy tym wypadek Prandtl-Nadai należy do całkiem prostych. Łatwo sobie przedstawić, jak wielkie występują trudności przy rozwiązywaniu zagadnień skomplikowanych, trafiających się w praktyce.

Dr G. Mesmer (Porównawcze optyczne badania natężeń i próby płynności pod działaniem skupionego ciśnienia) badał oprócz odkształceń elastycznych także odkształcenia plastyczne przy pomocy fotoelastycznych metod. — Izochromy sfotografowano na modelu celulooidowym między dwoma silnie obciążonymi stemplami, a następnie obliczone zostały trajektorie  $\tau_{\max} = \text{const.}$  natężeń i optycznie wyznaczone. Trajektorie w obrębie płynności nie opracowane zostały w sensie teorii plastyczności.

A. Fry (Kruppsche Monatshefte Juli 1921) uwiłoczniał najpierw odkształcenia plastyczne i zjawiska płynności przy pomocy nazwanego jego nazwiskiem sposobu wyżerania kwasem. Powstające figury płynności wewnątrz elementu próbnego obciążonego do granicy plastycznych odkształceń, występują wyraźnie przy pomocy sposobu wyżerania. Ta metoda została specjalnie opracowana przez Nadai'a (Der bildsame Zustand der Werkstoffe) i przez Mesmer'a we wyżej wspomnianej pracy. Najczęściej badany jest płaski stan natężeń. Tu można podać rozkład natężeń przy pomocy środków rysunkowych. Przy przestrzennym stanie natężeń można obliczyć natężenia tylko na powierzchni ciała. Ewentualnie da się tu skonstruować model natężeń dla danego ciała.

Płaski stan natężeń jest ustalony, gdy w każdym punkcie pola natężeń wypośrodkowane zostały kierunek i wielkości obu natężeń głównych. Jeśli to możliwe, należy dla danego elementu konstrukcyjnego wyznaczyć trajektorium natężeń (sieć linii natężeń głównych tj. pęk linii wraz z prostopadłymi do nich). Przy tym należy zauważyć, że nie istnieje pojedynczy związek między gęstością głównych trajektorii natężeń a absolutną wielkością natężeń głównych. Wielkość natężeń głównych musi być podana przez wielkość brył obu natężeń głównych. Bryły te powstają w ten sposób, że w każdym punkcie płaskiego pola natężeń nanosi się prostopadle do płaszczyzny, występujące w tym punkcie natężenia główne. Punkty końcowe tak umieszczonych natężeń leżą na powierzchni, zwanej

powierzchnią bryły nateżeń. Jeśli przekroimy tę bryłę płaszczyznami w różnych odstępach, wówczas otrzymamy linię, na których płaskie nateżenia główne (pierwsze lub drugie nateżenia główne) są sobie równe. W ten sposób da się stwierdzić w prosty sposób przez porównanie z nateżeniami obliczanymi przy pomocy elementarnych formuł, w którym punkcie konstrukcja jest przeciążona wzgl. za mało wyzyskana. Ażeby uniknąć niebezpieczeństwa zniszczenia konstrukcji, musi się znać największe nateżenia powstające przy danym obciążeniu. Te będą leżały prawie zawsze na skraju płaskiego pola nateżeń wzgl. na powierzchni elementu konstrukcyjnego. A ponieważ skraj pola nateżeń jest zarazem linią głównego nateżenia, należy uważać skrajne nateżenia za główne linie głównych nateżeń. Jeżeli skraj jest nieobciążony, wówczas główne nateżenie stojące do niego prostopadle, będzie wynosić zero. A zatem właściwie realnym jest tylko nateżenie główne działające w linii skrajnej, tzw. nateżenie styczne. Jeśli naniesiemy je prostopadle do linii skrajnej i połączymy punkty końcowe, otrzymamy wówczas obraz, jak się zachowują pod względem wielkości nateżenia styczne (pierwsze lub drugie nateżenie główne) w linii skrajnej. Jeśli znamy na każdym miejscu płaskiego pola nateżenia główne i ich kierunki, wówczas możemy w każdym dowolnym przekroju wyznaczyć nateżenia przy pomocy znanego koła nateżeń Mohr'a. Przy utworze przestrzennym można zupełnie opisać stan nateżeń na powierzchni, jeśli się poda na każdym punkcie powierzchni oba nateżenia główne, przy czym należy traktować stan nateżeń na powierzchni w punkcie płaszczyzny stycznej jako płaskie. Tu nie można nakreślić zwykłego rysunkowego obrazu. — Przeciwnie, byłoby wskazaniem sporządzić modele nateżeń. Przy wyznaczaniu sieci linii można używać metodę linii wydłużenia Maybach'a.

Wyznaczanie stanu nateżeń w modelach płytowych albo na powierzchni ciał przestrzennych następuje przy pomocy narzędzi do pomiaru wydłużenia. Te podają najczęściej w bardzo powiększonej skali wydłużenia, które powstają na odcinkach, które badamy w wypadku, gdy obciążenie wzrasta od zera do wielkości, dla której badamy stan nateżenia. Najbardziej znanymi narzędziami pomiarowymi są:

a) tensometer Huggenberger'a (powiększenie przedstawione jest w skali zwierciadełkowej w podziale 1000—1200-krotnej).

b) zwierciadełkowy przyrząd pomiarowy Geiger'a (powiększenie 13.400-krotnie jeśli odstęp skali od przyrządu wynosi 1 m. Przy obiektach stalowych występuje przy podziale 1 mm zmiana nateżenia 0,1 kg/cm<sup>2</sup>).

c) zwierciadełkowy przyrząd dla pomiaru wydłużeń Preuss'a (nadaje się szczególnie do wyznaczania krótkich długości pomiarowych, mniejszych jak 1 mm) powiększenie jest 64.000-krotnie przy odstępach skali od zwierciadełka pomiarowego i długości pomiaru wynoszącej 0,7 mm,

d) zwierciadełkowy przyrząd pomiarowy z prze-gubami sprężynowymi Lehr'a.

e) szczególnie czułym jest przyrząd pomiarowy Fischer'a (Fischer: Działanie nacięć na prętach naróżnych na zginanie Berlin V. D. I. Verl. 1933).

Zadanie pomiaru wydłużeń polega na tym, że dla pewnej wystarczającej ilości punktów wyznacza się nateżenia główne, ich wielkości i kierunek. Przyjmuje się tedy sieć współrzędnych, której wielkość oczek zależy od wielkości odkształcenia. Po próbie mierzy się odkształcenia i wyznacza się elipsy należącą do każdego punktu. Na podstawie elipsy wydłużeń można odczytać wydłużenia główne i wyznaczyć nateżenia główne na podstawie znanych wzorów:

$$\sigma_I = E \frac{m^2}{m^2 - 1} \left[ \epsilon_I + \frac{1}{m} \epsilon_{II} \right]$$

$$\sigma_{II} = E \frac{m^2}{m^2 - 1} \left[ \epsilon_{II} + \frac{1}{m} \epsilon_I \right]$$

Ta metoda mierzenia wydłużeń zabiera jednak dużo czasu, gdyż dla każdego punktu potrzeba zrobić najmniej 4 pomiary i łącznie z tym wyposażeniem. Szczególne trudności następują przy elementach konstrukcyjnych o zakrzywionej powierzchni. Znaczne uproszczenie da się osiągnąć przy pomocy linii wydłużeniowych Maybach'a. Metoda ta polega na tym, że próbny element pociąga się warstewką specjalnego laku o grubości 0,1 mm. Z jednej strony posiada lak dużą przyczepność tak, że nie odpryska przy elastycznych odkształceniach części konstrukcyjnych. Z drugiej strony posiada lak bardzo małe wydłużenie przy rozerwaniu. Próba udaje się najlepiej przy temperaturze + 10° C. Gdy przy obciążeniu elementu konstrukcyjnego wydłużenie na powierzchni przekroczy pewną oznaczoną wartość, wówczas powstają w warstewce laku rysy występujące prostopadle do największych wydłużeń na ciągnięciu. Przy stali występują pierwsze rysy przy nateżeniu 5—20 kg/mm<sup>2</sup>, zależnie od temperatury otoczenia. Rysy powstają przy nateżeniach, które leżą grubo poniżej granicy elastyczności materiału. Przy pierwszych rysach nie powstały jeszcze plastyczne wydłużenia. Pomiary byłyby bezcelowe, gdyby dla osiągnięcia linii wydłużenia doprowadzać nateżenia do takiej wysokości, aby doszło do plastycznych odkształceń pojedynczych części. Pierwsze pęknięcia w warstewce laku powstają w miejscach szczytowych nateżeń. Próba jest ukończona jeśli zostało osiągnięte najwyższe przewidziane nateżenie. Linie wydłużenia dają kierunek największego wydłużenia na ciągnięciu a zarazem kierunek największego głównego nateżenia na ciągnięciu, które stoi prostopadle do linii wydłużeniowych. Kierunek drugiego nateżenia głównego, które może być też nateżeniem na ciśnienie, schodzi się razem z liniami wydłużenia. Wówczas można narysować sieć linii głównych nateżeń. Nadto koniecznym jest, na dostatecznej ilości punktów wyznaczyć wydłużenia główne, a z tych obliczyć nateżenia główne. Przy skomplikowanych powierzchniach, jak wgłębienia, nacięcia i t. d. należy używać takich aparatów do wydłużeń, których długość pomiarów wynosi co najmniej 2 mm. Częstokroć rysuje się



linie głównych nateżeń na modelu z drzewa. Na poszczególnych punktach nabija się gwoździe drutowe prostopadle do powierzchni modelu tak, że wystająca długość gwoździa podaje w odpowiedniej skali nateżenie główne, które chcemy przedstawić. Metoda linii wydłużeńiowych Maybach'a daje znaczne uproszczenie pomiaru wydłużeń. Przy skomplikowanych powierzchniach daje ta metoda po raz pierwszy szybko rezultaty.

Przy nacięciach i ostrych zaokrągleniach dopiero aparat pomiarowy Fischer'a umożliwił zmierzenie wielkości szczytowych nateżeń. Przyrząd ten daje możliwość pomiaru wydłużeń przy użyciu zwierciadełka z tym, że długość pomiarową można zmieniać w rozległych granicach. Jego budowa odpowiada w ogólności zwierciadełkowemu aparatowi pomiarowemu Martíensa. Aby uzyskać możliwie dokładne przebadanie odcinka pomiarowego, wstawia się przyrząd ten oboma ostrzami w końce odcinka. Przy pomiarze przyjmuje się jeden punkt za stały. Drugim ostrzem dotyka się pewną ilość punktów pomiarowych. Przytym mogą te punkty być obrane tuż obok problematycznych ostrych załomów. Przy tej metodzie nanosi się t. zw. krzywą przesunięć, której rzędne są wydłużeniami należącymi do odcinków pomiarowych. Aby otrzymać specyficzne wydłużenie  $\epsilon_x$  na oznaczonym miejscu, musimy tylko zróżniczkować wartość przesunię-

cia  $\epsilon_x = \frac{d\epsilon}{dx}$ , to znaczy krzywa wydłużeń jest linią

różniczkową krzywej przesunięć. Dla jej wyznaczenia opracował Fischer specjalne sposoby pomocnicze. Metoda Fischer'a ma tę szczególną zaletę, że ze stałego przebiegu krzywej przesunięć można wnioskować o rozkładzie nateżeń w takich punktach, do których ostrze przyrządu pomiarowego nie dochodzi. Częstokroć chodzi o wyznaczenie stanu nateżeń w wypadku, gdy występuje tylko czyste ciągnięcie. Wówczas musimy mieć do dyspozycji przyrządy pomiarowe, które umożliwiają pomiar zmiany kąta przy przesunięciu wzajemnym przekrojów (przesunięcie poprzeczne). Takim jest przyrząd do pomiaru przesunięć poprzecznych Hubera (K. Huber: Wyznaczenie nateżeń (poprzecznych) ścinających i modułu elastyczności poprzecznej przy pomocy nowego czułego instrumentu pomiarowego V. D. I. Bd. 67, str. 923, 1923).

Częstokroć próbowano uwidocznić rozkład nateżeń w płaskich polach nateżeń na modelach z płytek sporządzonych z miękkiej gumy. Na tych płytkach gumowych narznięto sieć współrzędnych, po czym płytę obciążano wzgl. wydłużano. Z powstałych następnie odkształceń wypośrodkowują rozkład nateżeń, szczytowe nateżenia i odpowiednie wielkości nateżeń. Przy płytkach gumowych uzyskano daleko mniejsze nateżenia szczytowe aniżeli przy płytkach stalowych, a odchylenia od prawa Hooke'a są znaczne (do 300%). Liczba rozszerzenia m poprzecznego zależy bardzo od wielkości wydłużenia. Następuje odpływ nateżeń z miejsc silnie obciążonych do miejsc mniej obciążonych. Próby z płytami gumowymi i stalowymi dają przydatne wyniki tylko przy małych nateżeniach wzgl. wydłu-

żeniach. Modele gumowe zawodzą przy wyznaczaniu pewnego rozkładu nateżeń w okolicy skoncentrowanych w pewnym miejscu ciśnien, gdyż tarcie przeszkadza wydłużeniu. (K. J. Meldahl: Nateżenia w materiale we wykrojonych i podwojonych płytach, Jahrb. der Schiffbautechn. Gesellsch. Bd. 4, S. 480 1904). Meldahl używał płyt zrobionych z masy składającej się z gliceryny i żelatyny. Przy jego próbach E i m pozostają stałe. O tych próbach jednak mało jest wiadomo. A. Leon: Próby na złamanie wykonane na modelach ze szkła. B. E. Peterson: An investigation of stress concentration by means of plaster of paris specimens (pręty z gipsu) Mech. Eng. Bd. 48. S. 1449 1926).

Leon i Peterson badali tylko nateżenia na zginanie. Znalezione przez nich wartości są za niskie. Widocznie przy łamliwych materiałach występują pewne zjawiska odciążania, które znacznie osłabiają zwykłe nateżenia podczas procesu złamania. Zdaje się być bezprzedmiotowym szukanie na tej drodze wartości, któreby odpowiadały faktycznemu zachowaniu się konstrukcji ze stali lub innych materiałów.

Metodami pomiarów dynamicznych nie można badać problemu rozkładu nateżeń. W praktyce natrafiają te pomiary na wielkie trudności. Bada się wydłużenia w zależności od czasu. Z wykresów poznaje się:

1. jak wielkie są największe wydłużenia podczas ruchu,
2. podług jakiego prawidła przebiegają wydłużenia.

Dotąd przeprowadzano tego rodzaju dynamiczne pomiary wydłużeń głównie na konstrukcjach żelaznych i mostach. Z powodu nierównomiernego przebiegu wpływów dynamicznych jest to właściwie problem zbadania wielkiej ilości prób. Dla uzyskania jasnego obrazu należy tego rodzaju pomiary wydłużeń powtarzać długi czas. Odpowiednim do pomiaru tego rodzaju statycznych pomiarów wydłużeń jest przyrząd pomiarowy. Tego przyrządu używa się do wykresu wydłużeń przy samolotach i samochodach. Liczby otrzymane są wynikami liczb wydłużenia i nanosi się je jako rzędne. Odciętymi są odpowiednie wartości częstotliwości n. p. poddanie próbie drgań w pewnym czasie. Szczególnie interesującym jest obciążenie szczytowe, do którego zdąża krzywa częstotliwości (odnośnie najwyższego obciążenia spodziewanego w czasie ruchu). Konstrukcja musi być tak wykonana, by wytrzymała jeszcze najwyższe obciążenie. Instrumenty pomiarowe z elektrycznym nadajnikiem, które do rysunku wymagają oscylografu, mogą być tu używane.

W ostatnim czasie rozwinięta została metoda badania optycznego nateżeń jako najlepsza do badania płaskiego stanu nateżeń (przy użyciu światła polaryzującego). Zaletą tej metody jest to, że można w sposób prosty, szybko i dokładnie ustalić przebieg głównych linii nateżeń w miejscu badanego pola nateżeń. Przez wyznaczenie obu głównych nateżeń można zupełnie określić stan nateżeń. Trudno jest tylko mierzyć z należytą dokładnością

szczyty nateżeń, nateżenia skrajne, narożniki i nacięcia.

E. G. Coker: The optical determination of stress Phil. Magaz. London 6, Ser. 1910 str. 740. Jeżeli się chce znaleźć osobno oba nateżenia główne, to musimy oprócz ich różnicy szukać wartości, która jest proporcjonalna do sumy nateżeń głównych. Można zastosować graficzną metodę całkowania.

L. N. G. Filon: On the graphical determination of stress from photoelastic observations, Engeneering, 19 okt. 1923, S. 511/14 British Association Rep. 1923, str. 350/57. Coker wychodzi przy tych pomiarach z faktu, że przy 2-osiowym stanie nateżeń przedmiot modelowy zmienia swą grubość proporcjonalnie do sumy nateżeń głównych. Trudność polega na tym, że mierzy się tu całkiem małe wymiary. Te mają wielkości tego samego rzędu, co i niejednorodność płyty. Do obciążenia modeli używa się różnych aparatów, jak Timoszenki, Bernd'a, Solakiana, Karelitz, Föppla. Aparaty do napinania pozostają przy wszystkich metodach w swoim położeniu, z wyjątkiem aparatu Föppla. Przy aparacie Föppla przymocowuje się model do płyty napinającej i można go obracać na postumencie około osi optycznej aparatury. Promień wychodzący z polaryzatora rozkłada się na dwa promienie częściowe, których płaszczyzny drgań wpadają w kierunku obu nateżeń głównych. W wypadku, gdy składowe natrafiają na analizator, wówczas rzuty zostają przepuszczone na płaszczyznę polaryzacyjną analizatora. Gdy w punkcie badanym oba główne nateżenia są równe i mają ten sam znak, wówczas drgania obu składowych promienia są we fazie. Wówczas muszą się znosić przez interferencję rzuty promieni częściowych, wpadające w płaszczyznę analizatora. Jeżeli rzuty są przesunięte o pół okresu, wówczas powstaje połowa interferencji. Jeżeli oba nateżenia główne w badanym miejscu są różnej wielkości, wówczas następuje przesunięcie faz między oboma składowymi promieniami. Z koloru obrazu na szybie matowej można wnioskować o przesunięciu barw wzgl. o różnicy nateżeń głównych. Linie jednakowej barwy (tzw. izochromy) łączą punkty na modelu wzgl. na obrazie na szybie matowej, które mają tą samą różnicę nateżeń głównych.

Białe światło zanika:

1. w punktach, które nie wykazują żadnych nateżeń (nateżenia główne wynoszą 0);\*
2. w tych wszystkich punktach, w których różnica obu nateżeń wynosi 0;
3. we wszystkich punktach, w których kierunek nateżeń głównych schodzi się z kierunkami prostokątnych krzywych osiowych, utworzonych przez płaszczyzny polaryzacyjne.

Linie, które łączą te punkty, nazywamy izoklinami. Pierwszy i drugi wypadek dają tzw. punkty pojedyncze. Zadaniem optycznego pomiaru nateżeń jest wypośrodkowanie sieci linii nateżeń głównych. Wynik osiąga się w ten sposób, że dla wy-

\*) (tj. oba nateżenia główne są równe i mają ten sam znak).

starczającej ilości krzyża polaryzacyjnego rysuje się izokliny względem modelu. Przy aparaturze Föppla kręci się płyta fotograficzna z modelem. Polaryzator i analizator pozostają podczas całego tego procesu w położeniu skrzyżowanym. Przy innych aparatach jest aparat do obciążania razem z modelem przymocowany, podczas gdy polaryzator i analizator obracają się. Przy aparacie Föppla musi się wyciągać papier odbitkowy przy nanoszeniu każdej izokliny, a przy obracaniu aparatu do obciążania znowu zakładać. Przy innych aparatach nie trzeba tego robić. Różnice nateżeń głównych mierzy się przy pomocy kompensatorów. Do najbardziej znanych należy kompensator prętowy Coker'a, który jednak nie wyłącza znacznego występującego elastycznego i optycznego działania przy celuloidowych i bakelitowych modelach. Dla wyłączenia tychże wprowadzono kompensator prętowy Solakiana (Solakian i Karelitz Photoelastic study of shearing stresses in keys and keyways. Trans. of the A. S. M. E. Applied Mechanics 1932 A. P. M. 54—10 str. 97/123).

Klinowy kwarcowy kompensator Babinet-Soleil składa się z 2-ch klinów kwarcowych o tym samym kącie. Leżą one na płaszczyznach przeciwprostokątnej i mogą być na nich przesuwane. Aparat tak się nastawia, że oś optyczna wpada w kierunek małego nateżenia głównego. Jeden z najlepszych ze wszystkich aparatów jest kompensator Berek'a. Składa się z kryształu spatu wapnia równoległościennego. Jest on tak zamocowany, że z jednej strony może się obracać około optycznej osi aparatu polaryzacyjnego, z drugiej strony około osi prostopadłej do osi optycznej. Spat wapnia jest podwójnie łamiącym, oba częściowe promienie polaryzacyjne mają opóźnienie względem siebie. Jeżeli kompensator jest tak nastawiony, że oś optyczna kryształu zgadza się z małą osią nateżenia głównego, wówczas promień częściowy, którego płaszczyzna polaryzacyjna wpada w optyczną oś kryształu, opóźnia się bardziej jak promień prostopadły do niego. Opóźnienie faz powstające przy przejściu przez kryształ jest proporcjonalne do długości drogi, którą odbywa promień świetlny w kryształ. Droga ta jest znowu zależna od kąta, który tworzy płaszczyzna ograniczająca kryształ z promieniem świetlnym. Między przesunięciem fazy a kątem obrotu istnieje prawo logarytmiczne, które jest narysowane na cechowanej krzywej dołączonej do kompensatora Berek'a. Przy pomocy aparatu Berek'a dadzą się pomierzyć bardzo małe różnice nateżeń głównych i to bardzo dokładnie.

A. Balinkin: An optical determination of axial stress in long rectangular plates under torsion. The physical Review tom 2 paźdź. 1927, str. 520—26.

Balinkin mierzy jasność jednobarwnego światła cyrkularnie polaryzującego przy pomocy fotokomórek, przy czym strefy o równych różnicach nateżeń głównych winny ujawniać się jako strefy równej jasności. Dokładna regulacja siły światła powoduje bardzo wysokie koszty, a wyniki nie są pewne z powodu wahaniasiły światła.

Z. Tuzi: *Photographic and Kinematographic study of photoelasticity*; *Scient Papers of the Inst. of Phys. and Chem. Research*. Nr 149, Tokyo 1928.

Tuzi chciał uniknąć uciążliwej drogi pomiaru różnic napięć głównych. Opracował on nową metodę i użył nowego materiału dla swoich metod t. zw. Phenolitu. W stosunku do bakelitu i celulozoidu ma tę zaletę, że można go zrobić zupełnie wolnym od napięć. Jasne i ciemne strefy odpowiadają pewnemu, oznaczonemu stanowi napięć, których wielkość można oznaczyć przez cechowanie. Różnica jest zależna od grubości modelu i od jego optycznej stałej. Podczas gdy celulozoid można obciążać do  $150 \text{ kg/cm}^2$ , można obciążać fenolit do  $300 \text{ kg/cm}^2$ . Przy tej metodzie musi się wyznaczyć liczby porządkowe poszczególnych stref, podczas gdy obciążenie można podwyższać aż do najwyższego wymiaru. Tuzi zdejmuje rozwój stref kinematograficznie. Metoda ta jest dość uciążliwa. Wyznaczenie liczb porządkowych podał Trocht (41): *Kinematography in photoelasticity*, *Traus. of the A. S. M. E. Applied Mechanics* 15 Junii 1932 A. P. M. 54—9, str. 83. Wykorzystanie zdjęć stref i ich liczb porządkowych połączone jest z trudnościami, ponieważ przy podwyższaniu obciążenia nie wszystkie strefy pozostają na zdjęciu. Na skraju występują często nowe strefy z wyższymi liczbami porządkowymi. Zdarza się, że przy obciążeniu maksymalnym znajdują się strefy o najwyższych liczbach porządkowych. Zdjęcie kinematograficzne stref jest bardzo kosztowne. Wyznaczenie numerów porządkowych przy pomocy filmu nie jest proste.

Filon zaproponował inną drogę do wyznaczenia największych napięć a mianowicie drogę graficznej integracji (całkowanie) (54). Musi się mieć sieć izoklinów i sieć głównych napięć. Różnice napięć głównych  $\sigma_{II} - \sigma_I$  znane są na każdym miejscu pola napięć i znajduje się je przy pomocy pomiaru

$$\frac{\Delta \sigma_I}{\Delta S_I} = \frac{\sigma_{II} - \sigma_I}{\rho_2} \quad \frac{\Delta \sigma_{II}}{\Delta S_2} = \frac{\sigma_I - \sigma_{II}}{\rho_1}$$

przy czym  $\Delta s_I$  i  $\Delta s_{II}$  są odległościami sieciowymi, zaś  $\rho_1$  i  $\rho_2$  są promieniami krzywizny linii głównych napięć w danych punktach, które zachodzi się przy pomocy sieci izoklinów. Nanosi się je w tej samej podziałce co i długości linii głównych napięć. Metoda ta jest prosta, wymaga jednak dużo robót wstępnych i jest tylko wtedy pewna, gdy sieć izoklinów jest wyznaczona dokładnie. Największą wadą tej metody jest to, że można jej używać tylko wtedy, gdy skraj pola napięć nie jest obciążony. Coker wyznacza oprócz linii napięć głównych także i sumy napięć głównych. Przy poprzecznym zważaniu się płyty modelowej podległej płaskiemu stanowi napięć, doznaje ona zmiany grubości  $\Delta z = \frac{z}{mE} \cdot (\sigma_I - \sigma_{II})$ ,

przy czym  $z$  jest grubością płyty modelowej. Współczynnik proporcjonalności musi być znaleziony przy pomocy próby. Pomiar zmiany grubości jest dla tego trudny, że chodzi tu o wielkości  $0,0001 \text{ mm}$ .

Musi się tu uwzględnić najmniejsze nierówności w grubości płyty. Do tego używa Coker przyrządu dotykowego z obracającym się zwierciadłem. Pomiar odbywa się w ten sposób:

Przy modelu nieobciążonym opisuje promień świetlny linię 0. Przy obciążeniu opisuje ten promień drugą linię. Z różnicy rzędnych obu linii wyznacza się sumę napięć głównych.

Jako ostatnią metodę pragnę podać metodę Favre'go. Pomiar i obliczenie różnic obu napięć głównych przeprowadza się tu na drodze czysto optycznej. (H. Favre, *La détermination de la Revue d'Optique théoretique et instrumentale*, Paris 1932). Dopiero metoda Favre'go daje możliwość pomiaru napięć głównych na drodze czysto optycznej. (H. Favre, *Méthode purement optique de détermination des tensions intérieures se produisant dans les constructions*, *Schweizerische Bauzeitung*, Bd. 90 S. 297 n. 307 1927. H. Favre, *Sur une nouvelle methode optique de détermination des tensions intérieures*. Edition de la *Revue d'Optique théoretique et instrumentale*, Paris 1932).

Favre sporządza modele z przezroczystych i elastycznych materiałów (szkło, celulozoid, bakelit, nitroceluloza itd.). Modele wycina się (wolne od napięć własnych) z płytek płaskich równoległych, które się następnie poddaje działaniu sił i momentów znanych co do wielkości. Gdy się przepuszcza przez model promień świetlny płaski, polaryzujący prostopadle do płaszczyzny płytek, wówczas promień ten rozkłada się na 2 promienie świetlne płasko polaryzujące. Promienie świetlne wpadają w kierunku obu napięć głównych, które charakteryzują stan napięć w danym punkcie. Jeżeli możemy tedy podać w każdym punkcie modelu kierunki płaszczyzn obu polaryzujących promieni świetlnych, to tym samym wyznaczyliśmy kierunki napięć głównych. Szybkość rozprzestrzeniania się światła w promieniach częściowych wewnątrz modelu jest rozmaita. Zmniejsza się ona o pewien dodatek proporcjonalny do obu napięć głównych. Po wyjściu w powietrze są te szybkości znowu jednakie. Powstaje tedy jedynie różnica faz, która jest proporcjonalna do obu napięć głównych. Jeżeli jesteśmy w stanie dokładnie oznaczyć tę różnicę faz, wówczas możemy również oznaczyć różnicę obu napięć głównych. Współczynnik proporcjonalności jest zależny od materiału i grubości płyty modelowej. Metoda Favre'go polega na tym, że oprócz różnicy faz obu promieni częściowych, wyznacza się także różnicę faz między promieniem wpadającym a jednym z promieni częściowych. Favre mierzy różnicę faz przy pomocy interferometru. Metoda Favre'go polega też na tym, że oprócz różnicy faz  $\delta_3$ , która istnieje między oboma wychodzącymi z modelu promieniami częściowymi, mierzy się jeszcze  $\delta_1$  i  $\delta_2$ , które istnieją między promieniami częściowymi a polaryzującymi promieniami świetlnymi. Do pomiaru kąta fazowego  $\delta_1$  ustawia się płaszczyznę polaryzacji na kierunek  $\delta_1$ , a dla promienia koła fazowego  $\delta_2$  na kierunek płaszczyzny polaryzacji  $\delta_{II}$ . Istnieją następujące trzy równania:

$$\delta_1 = a\sigma_I + b\sigma_{II}$$

$$\delta_2 = b\sigma_I + a\sigma_{II}$$

$$\delta_3 = c(\sigma_I - \sigma_{II})$$

przy czym  $e$  jest to grubość modelu, zaś  $a$  i  $b$  są to stałe optyczne zależne od materiału modelu. Modele Favre'go zrobione były z lanego szkła Zeiss'a wolnego od nateżeń. Bakelit i celuloid okazały się jako nienadające się do tych prób. Gdy znane są  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ , i  $\delta_3$ , wówczas możemy wyznaczyć nateżenia główne  $\sigma_I$  i  $\sigma_{II}$  w następujący sposób:

$$\sigma_I = R_1 \delta_1 + R_2 \delta_2 + R_3 \delta_3$$

$$\sigma_{II} = R_{12} \delta_1 + R_{22} \delta_2 + R_{32} \delta_3$$

Nadto dadzą się łatwo wyznaczyć średnie błędy. Stałe  $R$  dadzą się łatwo obliczyć ze stałych optycznych  $a$  i  $b$ , albo wyznaczyć przez próby ce-

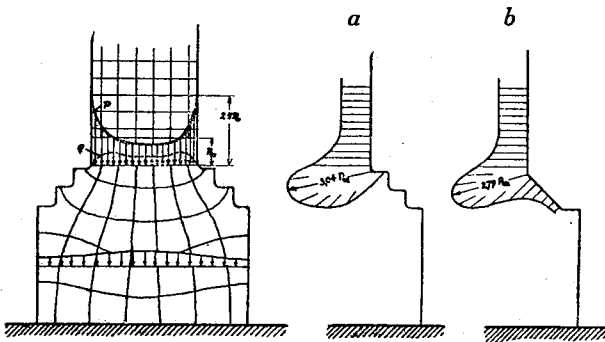


Fig. 1.

chowania. Przy pomocy aparatu pomiarowego Favre'go można wyznaczyć przebieg nateżeń na modelach ze szkła z wielką dokładnością i w stosunkowo krótkim czasie. Na ustalenie jednego punktu potrzeba 15 min. (200 punktów na model, czyli 50 godzin pracy). Coker (Some Problems in the Construction of Buildings considered experimentally, Journal of the Royale Institute of British Architects, 1926) pokazuje interesujące zastosowanie metody optycznej do badania nateżeń do

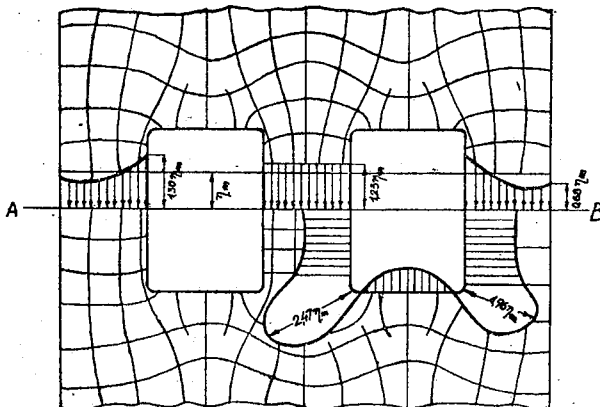


Fig. 2.

budowli. Przy rozbudowie University-Colege, London badano kilka problemów nateżeniowych przy pomocy tej metody. Fig. 1 pokazuje, że przy rozwiązaniu a przy cokole wzrasta nateżenie 3,04-krotnej wartości nateżenia normalnego, zaś przy b do 2,79-krotnej wartości. Figura 2 pokazuje rozdział nateżeń w murze bez fug z 2-ma otworami okiennymi, jak się to często w praktyce zdarza. W przekroju A-B znajduje się środkowa część pod działaniem jednostajnego ciśnienia. W murach bocznych na krawędziach okien osiąga ciśnienie najwyższy wymiar. W narożnikach można zaobserwować również silne zgęszczenie nateżeń. Nateżenia na ciągnięcie, które występuje w poziomych krawędziach okiennych, nie mogą być przejęte przez ściany z cegły i na zaprawie lanej. Mury muszą być zatem wsparte przez stal lub przy wyższych budowlach przez szkielet stalowy. Również gzymsy mają znaczny wpływ na rozdział nateżeń. Fig. 3. Nateżenia wchodzą we wystające części i mogą

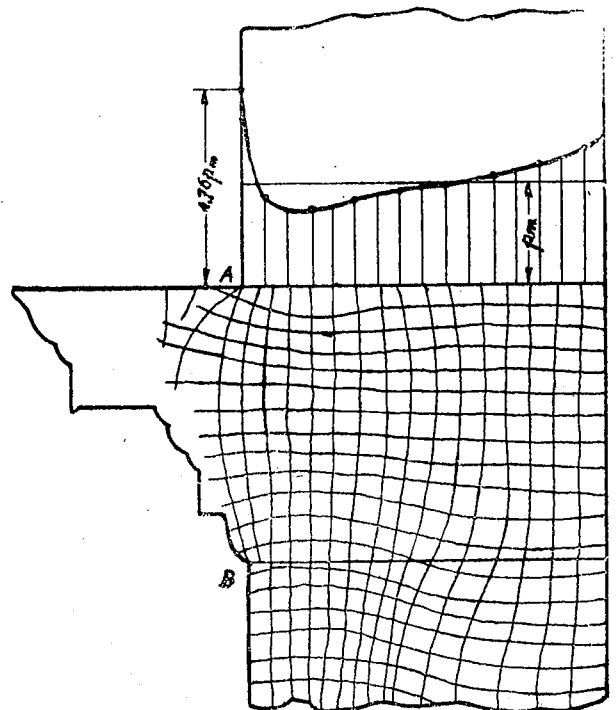


Fig. 3.

spowodować skoki. W poziomych skrajnych płaszczyznach gzymsu panuje ciśnienie o 75% wyższe. Próby Miss Janet Harris potwierdzają te zjawiska nateżeń na drodze optycznej.

Bardzo interesujące jest porównanie kształtu normalnych ciał próbnych z betonu według przepisów angielskich i francusko-niemieckich. Fig. 4. Przy angielskim kawałku próbnym i przy średnim nateżeniu 100 kg/cm<sup>2</sup> osiąga nateżenie skrajne 174 kg/cm<sup>2</sup>. W środku spada ono na 81 kg/cm<sup>2</sup>. Nateżenie poprzeczne jest na skraju równe 0, w środku zaś 47 kg/cm<sup>2</sup>. Przy niemiecko-francuskim kawałku próbnym jest ta nierówność jeszcze większa. Przy średnim nateżeniu

100 kg/cm<sup>2</sup> osiąga natężenie skrajne 210 kg/cm<sup>2</sup>, w środku spada do 64 kg/cm<sup>2</sup>. Natężenie poprzeczne wynosi w środku 55 kg/cm<sup>2</sup>. Jest tedy całkiem bezprzedmiotowym, przy tego rodzaju kawałkach próbnych określić rzeczywiste zachowanie się betonu na ciągnięcie. Należałoby wykonać kawałek próbny, którego środkowa część byłaby więk-

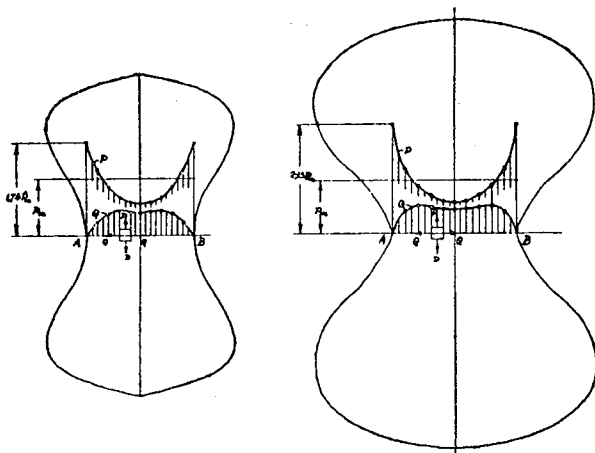


Fig. 4.

sza, by uniemożliwić powstawanie pola linii natężeń głównych niczem niezakłóconego. W ten sposób wystąpią faktyczne właściwości betonu na ciągnięcie.

Zastosuję tedy i inne metody, aby uniknąć trudności matematycznych. Należy tu jeszcze wspomnieć o 2 takich metodach.

Jakobson wyznaczył linie działania sił i linie wydłużeń przy pomocy przyrządów elektrycznych na modelu metalowym specjalnie ukształtowanym. Przez model przepływał prąd elektryczny stały. 70 (L. S. Jakobson: Torsion von runden Wellen mit veränderlichem Durchmesser, Zeitschr. für ang. Math. u. Mech. Bd. 9. 1929 S. 1 — 22). Jakobson wyszedł z podobieństwa, które istnieje między przepływem prądu elektrycznego przez płytę a między przepływem momentu obrotu przez wał. Przy pomiarach trzeba ustalić linie równego natężenia (t. zw. elektryczne linie potencjału). Te odpowiadają liniom wydłużeń w danym cieple (kawałku). Wyznaczenie tych linii odbywa się za pomocą dotykania elektrodą na kształt igły. Jakobson pokazał, że natężenie ścinające

$$\tau = \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} a \cdot b$$

t. j. natężenie ścinające jest proporcjonalne do  $\frac{\Delta \varphi}{\Delta x}$ . Jest to jednak gradient natężenia linii prądu, który można łatwo i bardzo dokładnie wyznaczyć, skoro znamy różnice natężeń między dwoma ostrzami pomiarowymi (odległymi od siebie 1 mm). Jakobson przeprowadził bardzo cenne pomiary na modelach z zagłębieniami.

(71. A. Wyszomirski, Stromlinien u. Spannungslinien, Ein Versuch, Probleme der Elastizitätslehre

mit Hilfe hydraulischer Analogien experimentell zu lösen. Dissertation Dresden, Borna Leipzig 1914).

Wyszomirski udowadnia, że równania dla linii sił są identyczne z liniami prądu potencjałów i tym sposobem sprowadza problem wytrzymałościowy do problemu hydrodynamicznego. Obrazy prądu wytworzone przez aparat zostały sfotografowane i wykorzystane dla problemu wytrzymałościowego.

Dalsze próby zmierzające do rozwiązania problemu wytrzymałościowego robili Thun i Berg. Przy pomocy prętów modelowych z gumy przeprowadzili oni i wyznaczyli doświadczalnie przebieg linii sił na zacięciach (S. Berg Zur Frage der Beanspruchung beim Dauerschlagversuch, V. D. I. Forschungsheft 331, Berlin, V. D. I. — Verlag 1932).

Berg próbował wyznaczyć rozdział natężeń z obrazu rurowego sił. Do wyznaczania natężeń używał on prętów z nacięciami, które to pręty były narażone na ciągnięcie. Model prętu gumowego zastępuje tu równość linii prądu, która jest ważna tylko przy czystym narażeniu na skręcenie. O ile przebieg linii sił ma zastosowanie przy innych stanach materii, należy to zbadać.

Jeszcze bardziej skomplikowanymi są problemy wytrzymałościowe w usypiskach piaskowych i w wierzysłach gruntach. Tu zawiodły zupełnie równania elastyczne mechaniki klasycznej. W ostatnich dwudziestopięciu latach powstała nowa gałąź wiedzy, a mianowicie mechanika gruntowa.

Mechanika budowlana gruntu albo jak tę gałąź statyki budowlanej nazywamy — mechanika gruntowa, jest częściowo metodą doświadczalną. Statyka budowlana klasyczna traktuje grunt budowlany tak samo jak konstrukcję budowlaną. Usiłuje ona — przy pomocy jednej, względnie dwu stałych — rozwiązać wszystkie problemy wytrzymałościowe, a mianowicie przy pomocy  $E$  (moduł elastyczności) i  $m$  (liczba Poisson'a). Wszystkie inne wartości wprowadzone zostały z tych obydwu. Współczynnik pewności wyznaczono dopiero na drodze dedukcji i późniejszych systematycznych badań materiałów w sposób doświadczalny.

Przy obliczaniu wstępnym osiadania fundamentów wprowadzono liczbę posadowienia (łożyskowa) zamiast modułu elastyczności.

Terzaghi (Redlich — Terzaghi — Kampe, Ingenieurgeologie, S. 328) podaje cyfry rozpoznawcze dla niezwiązków kohezji i niekohezji gatunków gruntu a mianowicie przy bezpośrednim określaniu ważnych technicznie właściwości:

1. wartości pęcznienia,
2. wartości zagęszczania,
3. krzywa przepuszczalności,
4. wskaźnik przepuszczalności,
5. krzywa umocnienia,
6. prawdziwa konsystencja normalna,
7. cyfra dla parcia wewnętrznego,
8. cyfra rozpadu,
9. krzywa osiadania,
10. cyfra posadowienia (łożyskowa),
11. cyfra przepuszczalności,
12. wytrzymałość na ciśnienie,
13. moduł elastyczności,
14. cyfra kohezji.

Dla wypośrodkowania związku i określenia charakteru gruntu dla celów technicznych podaje on trzydzieści cyfr rozpoznawczych. Nie chce tu ich wyliczać i skierowuje ciekawych do prac oryginalnych (Soilmechanic).

Mechanika gruntu opuszcza swój charakter deduktywny i spekulatywny mechaniki klasycznej i staje się par excellence eksperymentalną częścią mechaniki budowli. Pierwsze kroki były następujące:

1. obciążenie próbne na miejscu budowli,
2. próby do wyznaczania wielkości tarcia,
3. wyznaczenie naturalnej skarpowatości przy materiale nasypiskowym.

A potem przyszła droga czysto doświadczalna. Według nowych doświadczeń mechaniki gruntu, nie może być mowy o ściśle matematycznym traktowaniu problemów wytrzymałościowych w glebie związanej i w usypiskach. Byłby do tego potrzebny ogromny aparat matematyczny. Pozostaje tu jedynie droga doświadczeń. W całej mnogości problemów wytrzymałościowych pozostaje metoda matematyczna niezmiennie jako konieczny środek do rozwiązywania problemów zasadniczych. Jednak jako kontrola dla problemów pojedynczych i jako rozwiązanie dla problemów skomplikowanych pozostaje jako jedyna droga — droga prób.

KRYSTYNA ŚWIEŻAWSKA — Akad. Górnicza Zakł. Gór. II.  
Górnictwo II. A. G.

## KILKA UWAG O GRZYBACH NISZCZĄCYCH DREWNO KOPALNIANE

Do obudowy górniczej używane jest niemal wyłącznie drewno, stąd zagadnienie walki z grzybami żyjącymi jako roztocza na drewnie jest kwestią dużej wagi dla górnictwa. Drewno bowiem, zaatakowane grzybem już w pierwszych stadiach choroby traci większość swej wytrzymałości mechanicznej. Pociąga to za sobą konieczność częstego wymieniać stropnic i słupów i naraża kopalnie na znaczne straty. Zwłaszcza obecnie, gdy do obudowy używa się naogół drewna świeżego, nieimpregnowanego zużyca dre na przez górnictwo jest znaczne. Wynosi ono przeciętnie  $0,026 \text{ m}^3$  na 1 t wydobytego węgla, co przy rocznym wydobyciu ok. 46 mil. t daje  $1.196.000 \text{ m}^3$ .

Wskutek zniszczenia lasów przez okupanta oraz rozwoju przemysłu przetwórczego drzewnego, tak duże a nieproduktywne zużycie drewna przez górnictwo może się odbić ujemnie na ogólnej gospodarce krajowej. Zapotrzebowanie roczne drzewa wynosi  $13.000.000 \text{ m}^3$ , co przy zdolności produkcji rocznej  $8.000.000 \text{ m}^3$  daje niedobór  $5.000.000 \text{ m}^3$ . Z tego na przemysł węglowy przypada ponad ( $400.000 \text{ m}^3$ )  $500.000 \text{ m}^3$  niedoboru rocznie, w latach 1947—1950.

Wzrost zużycia drewna przez górnictwo został spowodowany nie tylko przez przyłączenie do Polski nowych terenów węglowych, lecz także wskutek używania do obudowy drewna nieimpregnowanego. Przez nasycenie bowiem drewna środkami przeciwniegnilnymi przedłuża się okres jego trwania od 2 — 6 lat, gdy okres trwania drewna nieimpregnowanego wynosi, zależnie do warunków lokalnych od 6 miesięcy do 2 lat. Głównymi szkodnikami drewna kopalnianego są grzyby z rodzaju Polyporus, Poria, Coniophora, często spotykanym jest grzyb domowy Merulius lacrimans, Lenzites i Lentimus.

Grzybnia rozwija się zarówno na powierzchni drewna, jak też i w jego wnętrzu. Niektóre jednak gatunki, jak Trametes pini rozwijają grzybnię jedynie wewnątrz drewna, tak, że dopiero na prze-

krojach można stwierdzić, iż dane drewno jest zakażone. Natomiast ciała owocowe tworzą się zawsze na powierzchni, naogół w miejscach suchszych, przyczem owocniki są nieraz silnie zmodyfikowane, czy to wskutek braku światła, czy też nieodpowiedniej wilgotności.

Młoda grzybnia ma zazwyczaj barwę białą, w późniejszych stadiach rozwoju barwa się zmienia. Często po zabarwieniu grzybni można określić jakim rodzajem grzyba drewno jest zakażone. I tak w wypadku Trametes pini grzybnia staje się ciemno czerwona, u Coniophora cerebella przechodzi w barwę kremową, w końcu w brunatną, u Poria vaporaria nabiera zabarwienia różowego, u Merulius lacrimans miejscami przybiera zabarwienie żółte, które przechodzi w końcu w brunatne.

Grzyby atakujące drewno kopalniane wymagają do swego rozwoju wilgotności powyżej  $40\%$  (Polyporus, Coniophora) i temperatury około  $20^\circ$ , mogą się jednak rozwijać powoli także w temperaturach niższych, do  $5^\circ$ . Warunki panujące w kopalniach odpowiadają więc doskonale ich wymaganiom, przyczem brak światła, jak już wspominałam wpływa jedynie na pewne zmodyfikowanie ich ciał owocowych. Znaczenie ma tylko wilgotność podłoża. Tak więc drewno, które przed użyciem go jako materiału budowlanego było wysuszone ulega w mniejszym stopniu zaatakowaniu grzybem, a w każdym razie czas w którym ulega infekcji jest przedłużony o okres potrzebny do uzyskania minimum wilgotności, przy którym grzybnia może się rozwijać, a które jest różne dla różnych gatunków grzyba i waha się średnio od  $15 — 30\%$ .

Należy również zaznaczyć, że grzyby, o ile występują masowo i pokrywają większą przestrzeń przyczyniają się również do zwiększenia wilgotności otaczającego powietrza.

Przy zbyt jednak wielkiej wilgotności, gdy drewno osiąga punkt całkowitego nasycenia i wszystkie przestwory międzykomórkowe i pory zostają wypełnione wodą rozwój grzybni ustaje. Fakt ten

daje się również zauważyć w chodnikach o bardzo wysokiej wilgotności, a słabszym przepływie powietrza. W chodnikach natomiast, w których wilgotność nie osiąga swego maksimum ruch powietrza jest czynnikiem hamującym rozwój, grzyby rozwijają się lepiej w chodnikach o słabszej wentylacji.

Grzyby, jako organizmy niesamożywne, nieasymilujące, muszą pobierać z podłoża gotowe związki organiczne, które czerpią z drewna. Większość grzybów niszczy celulozę, przetwarzając ją na drodze enzymatycznej na substancje przyswajalne. Niektóre jednak gatunki zużytkowują ligninę (Trametes pini), lub też obydwie składniki równocześnie.

Niszczenie celulozy, która jest głównym składnikiem błon komórkowych postępuje bardzo szybko, zależy zresztą od gatunku zarówno grzyba, jak i drewna. W drewnie np. zaatakowanym przez *Merulius lacrimans* następuje zmniejszenie zawartości celulozy z 60% do 15%, przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości ligniny do połowy. Według prac Schultzego, który badał drewno zakażone grzybem w mikroskopie polaryzacyjnym, *Poria vaporaria* już w ciągu 10 miesięcy niszczy całkowicie celulozę. W wypadku zaatakowania przez *Coniophora* zniszczenie całkowite celulozy nie ma miejsca, następuje jedynie jej przebudowa, co uwidacznia się osłabieniem jej podwójnej łamliwości. Sposób niszczenia jest specyficzny dla danego gatunku grzyba. *Merulius lac.* np. pozostawia duże, dobrze odgraniczone miejsca wolne, *Coniophora cerebella* draży drewno mniej więcej równomiernie. W pierwszych stadiach rozwoju grzybni części obwodowe są silniej niszczone, niż centralne, w dalszych stadiach różnic nie ma. Największą odporność na działanie grzyba okazują tracheidy najwcześniej w roku utworzonego drewna, oraz komórki położone w najbliższym sąsiedztwie promieni rdzeniowych. Odporność poszczególnych części jest zależna od gatunku drewna. W świerku drewno późne jest silniej niszczone, niż drewno wczesne, w sośnie różnic takich nie daje się zauważyć. Nie jest to jednak regułą, gdyż w wypadku zaatakowania przez *Lenzites abietina* drewno wczesne w świerku jest silniej niszczone, niż drewno późne.

Wskutek zniszczenia celulozy w drewnie powstają rysy, szpary i pęknięcia, co stwarza możliwości dalszego zakażenia.

Dalszym następstwem działalności grzyba jest utrata wagi drewna, która dochodzi do 70%.

|            | S o s n a                          |    |    | Ś w i e r k |    |    |
|------------|------------------------------------|----|----|-------------|----|----|
|            | strata wagi w czasie miesięcy w %: |    |    |             |    |    |
|            | 3                                  | 6  | 10 | 3           | 6  | 10 |
| Coniophora | 27                                 | 48 | 62 | 19          | 31 | 59 |
| Poria      | 27                                 | 51 | 66 | 31          | 61 | 65 |
| Meruliusu  | 38                                 | 50 | 69 | 43          | 55 | 63 |

Grzyby rozmnażać się mogą zarówno przez zarodniki powstałe w ciałach owocowych, jak też i przez oidia, zarodniki powstałe ze strzępek grzybni na drodze wegetatywnej. Zakażenie jednak grzybem następuje w kopalniach najczęściej przez zetknięcie się bezpośrednio drewna zdrowego z drewnem zaatakowanym grzybem dzięki łatwości rozwijania się grzybni wprost ze strzępków. Niektóre gatunki grzybów wytwarzają prócz strzępek grzybni sznury, w skład których wchodzi strzępki, włókna i naczynia, służące do przewodzenia soków odżywczych na znaczne nawet odległości i w ten sposób mogą zakażać drewno niestykające się bezpośrednio z drewnem chorym, gdyż są one niezwiązane lokalnie z podłożem.

Poznanie warunków rozwoju grzybów i sposobu ich życia jest koniecznym warunkiem do prac nad ich zwalczaniem. Obecnie w Stacji Badawczej przy Zakładzie Górnictwa II zostały rozpoczęte badania nad grzybami rozwijającymi się w kopalniach, które mają na celu stwierdzenie zmian wytrzymałości mechanicznej drewna zakażonego oraz udoskonalenie środków ochronnych. Jest to obecnie jedna z pierwszych placówek zajmująca się zagadnieniami tego rodzaju. Badania w tym kierunku prowadzone były głównie w USA, Anglii i Niemczech (Reichsinstitut f. Holzforschung, Institut f. forstl. Arbeitswissenschaft w Eberswalde. Institut f. Werkstoffbiologie).

ST. KWINTA — dypl. inżynier technolog  
Zakład Górnictwo II. A. G.

## DAWNE I NOWOCZESNE SPOSOBY IMPREGNOWANIA DREWNA

Znaczne wyczerpanie zasobów drzewnego surowca, od czasu pierwszej wojny światowej, wywołało potrzebę oszczędzania tego, wysoce cennego materiału, nawet w tych państwach, w których uchowały się jeszcze przestrzenie leśne.

W ogólnie światowej tendencji przeprowadzania tej oszczędności zwrócono przede wszystkim uwagę na zabezpieczenie drewnu trwałości. Daje się to

skutecznie osiągnąć przez nasycenie drewna specjalnymi chemikaliami, nazywanymi antyseptykami, które w dobie obecnej, na okres dziesiątków lat, zabezpieczają drewno przed szkodliwym działaniem drobnoustrojów i warunków atmosferycznych.

Najlepsze wyniki, przy zapoczątkowaniu tych wysiłków, otrzymano przy tak zwanym „pełnym

nasyceniu“, jakie polegało na wprowadzeniu w głąb drewna odnośnie dobranych chemikali.

Jednym z pierwszych takich sposobów był system Breann-Bettela. Wg tego, podsuszone częściowo drewno, o wilgoci nie przewyższającej 25%, wprowadzało się do specjalnych komór, w których, pod próżnią, odciągało się powietrze, zawarte w porach drzewnych. Następnie do tych komór wprowadzano antyseptyki pod ciśnieniem od 6 do 8 atm. System ten dawał możliwość regulować ilość wprowadzanych chemikali i głębokość nasycenia, licząc od powierzchni drewna.

Sposób ten obecnie posiada już prawie tylko teoretyczne znaczenie. Duża ilość zużywanych chemikali, np. na 1 m<sup>3</sup> sosnowego drewna od 200 do 250 kg, a dla bukowego 270 do 300 kg (wodnych), okazała się zbyt kosztowną.

To też zastąpił go z powodzeniem sposób Rüpinga, który zmodyfikował poprzednika, wprowadzając zamiast początkowej próżni w komorze, ciśnienie do 3 atmosfer. Powoduje to sprężenie powietrza w porach drewna, po czym wprowadza się chemikalia pod ciśnieniem do 8 atm. W głąb drewna wgniata się antyseptyk, przed którym powietrze dalej w drewnie się zagłębia. Po określonym czasie, usuwa się ciśnienie. Powietrze, sprężone wewnątrz drewna, wypycha antyseptyk z por i usuwa zbyt dużą jego ilość. Sposób ten daje możliwość zaoszczędzenia przeszło 50% antyseptyków, i daje zupełnie dostateczne nasycenie, aczkolwiek nie całkowite. Sam sposób wprowadzenia chemikali do masy drzewnej jest i dziś jeszcze w bardzo spopularyzowanym użyciu, chociaż skomplikowana aparatura, jej koszt nakładowy i potrzeba transportowania drewna do nasycalni i z powrotem, do miejsca użycia nasyczonego drewna, stanowią bardzo poważne ujemne własności tego sposobu.

W U. S. A., przy 200 przeszło, pierwszorzędnie urządzonych, centralnych nasycalniach, pracujących tym systemem od roku 1934, nowych się nie buduje i stosuje się znacznie uproszczone inne sposoby, o których mowa niżej.

Poza tym, w tych dawnych nasycalniach, idąc z postępem i korzystając z nowych technicznych zdobyczy, zmieniono recepturę używanych chemikali i osiągnięto wyniki nieporównanie wyższe. Metody pracy systemem Rüpinga, jakie były u nas stosowane w Polsce przed wojną ostatnią, należą już do przestarzałych w swojej recepturze, co też i praktycznie zostało stwierdzone.

Z systemów opartych na wtłaczaniu antyseptyków do drewna wspomnieć należy jeszcze o systemie Bouscheri. Ma on tę dobrą stronę, że antyseptyk wtłacza się do drzewa świeżo ściętego, na miejscu, bez podsuszania i w bardzo prymitywny sposób. Wyniki jednak niezupełnie odpowiadają całości wymagań uodpornienia drzewa.

Zabiegi w celu jak największego ułatwienia w nasycaniu drewna, spowodowały szereg innych sposobów, które nie wymagają kosztownych urządzeń i nie ustępują w wynikach otrzymanym w dużych centralnych nasycalniach.

Pierwsze miejsce wśród nich zajmuje sposób nasycania przez zanurzanie drewna w całości, lub

wg wymagań, częściowo, do odpowiednio wybranego antyseptyka. Przy takim zanurzeniu w gorącym płynie usuwa się nie tylko powietrze z drewna, ale częściowo i wodę, w postaci parowania. Po określonym dla każdego rodzaju drewna i jego wymiarów czasie, zanurza się drewno do płynu chłodnego. Następuje wysianie przy stygnięciu. Ten sposób nasycania daje wyniki, w niczym nie ustępujące uzyskiwanym przy sposobie Rüpinga, a dostępny jest do przeprowadzenia na każdym tartaku lub składzie leśnych materiałów.

Nadają się do użytku przy tym sposobie wszystkie antyseptyki, tak oleiste jak i wodne.

Ostatnio, z największym powodzeniem stosuje się kombinowanie antyseptyków w pewnej kolejności dla tego samego drewna, używając obok oleistych również i rozpuszczalne w wodzie, w ten sposób, że wylugowywanie wodnych jest chronione przez warstwy oleistych.

Sortyment antyseptyków, stosowanych w U. S. A. i Kanadzie jest bardzo urozmaicony. Dość wyraźnym staje się to po stwierdzeniu, że na 27 zasadniczych preparatów, oprócz połączeń tych ze sobą w przeróżnych kombinacjach, 18, najlepiej opracowanych w praktyce, pochodzi ze źródeł amerykańskich.

Wśród nich znajdujemy kilka, stosowanych nie tylko w celu uodpornienia drewna przeciw zniszczeniu się, ale też w celu nadania odporności przeciw zapalaniu się.

Oczywiście nie osiąga się tej odporności całkowicie, ale praktycznie zostało stwierdzonym, że przy temperaturze 280° drewno zaczyna dymić, lecz jeszcze nie zapala się.

Manipulując temperaturą odpowiednich środków, nasycanie takie przeprowadza się wcale zadawalniająco.

Następny sposób uodporniania drewna, nazywany systemem bandażowania, w licznych odmianach bardzo ułatwiony, z powodzeniem stosuje się do drewna mającego styczność z ziemią, jak np. słupy telekomunikacyjne, bale i inne t. p.

Dzieli się on na dwa zasadnicze rodzaje.

Pierwszy polega na tym, że drzewo obwija się bandażem, który na zewnątrz posiada warstwę nieprzepuszczającą wilgoci, a od wewnątrz jest pokryty chemikaliami w suchym stanie. Tą stroną kładzie się bezpośrednio bandaż na drewno i ściśle przylega do niego w części umieszczonej w ziemi. Koniec drewna w przekroju poprzecznym, pozostaje obnażony. Wilgoć z ziemi, przez włoskowatość, wchodzi do drewna, rozpuszcza sole chemiczne, przylegające do powierzchni drzewa i stopniowo, samoczynnie nasycza.

Drugi rodzaj takiego samonasycania się drewna odbywa się w sposób następujący. U dołu słupa, mającego być zakopanym w ziemi, zasypuje się chemikalie do otworków, wywierconych w drewnie w kierunku pionowym do długości słupa. Całą część tego słupa, która ma być pograżona w ziemi, otacza się bandażem nieprzemakalnym, lub pokrywa się warstwą nieprzemakalną i słup zakopuje. Tutaj również następuje proces rozcieńczania chemikali w drewnie przez wodę, wchodzącą na pod-



stawie włóskowatości od dołu drewna do góry, co i powoduje samonasycanie się.

Od chwili, kiedy zastosowano papę dachową, jako warstwę izolacyjną, system bandażowy rozpowszechnił się niezmiernie.

Przy pewnych odmianach tego systemu stało się możliwym również, nie używając warstwy izolującej, wywołać samonasycanie się podkładów kolejowych, już ułożonych na torze.

Sposób ten z powodzeniem rywalizował z systemem „Kobra“, który polegał na zastrzykiwaniu antyseptyków do podkładów kolejowych. W Polsce zastrzyki „Kobra“ z okresu sanacyjnego nie przyjęły się wobec nieumiejętnego użycia i nieodpowiednich antyseptyków. We Francji, Niemczech i w innych państwach oraz w Ameryce ma on bardzo duże zastosowanie.

Wreszcie ostatni ze sposobów uodporniania drewna, o którym wspomnieć należy jest system, tak zwany „super-pokrycia“. Przeprowadza się uodpornienie drogą pokrycia czyli malowania powierzchni drzewa substancjami, jakie mają podwójne działanie na drewno. Z jednej strony drewno otrzymuje pokrycie antyseptykiem, który przesyca grubą

warstwę drewna i na długi okres czasu zabezpiecza go przed gniciem, a z drugiej strony to „super-pokrycie“ zabezpiecza nałożoną warstwę pierwszą od wpływów zewnętrznych, mogących neutralizować działalność warstwy czynnej antyseptyka.

Podane wyżej sposoby pozwalają zupełnie łatwo nasycić drewno żądanym antyseptykiem. Sposób Rüpinga, wymagający dużego urządzenia został zastąpiony bardzo dostępnym sposobem wyższej i niższej temperatury. Oba pozwalają przeprowadzić nasycanie mechaniczne całkowicie.

Sedno rzeczy tkwi dziś w znajomości receptury i tych preparatów, które najtaniej i najłatwiej można zastosować. Liczyć się przy tym należy z czynnikiem niebezpieczeństwa dla zdrowia pracujących przy impregnacji, ponieważ bardzo wiele antyseptyków jest silnie trujących i prace muszą być przeprowadzane z poważnym uwzględnieniem tego czynnika.

Wymaga to wyjątkowej fachowości i szerszego zakresu wiedzy.

To też jednym z pierwszych zadań jest dziś obowiązek zaznajamiania naszych młodocianych sił technicznych z tą dziedziną.

Inż. WOJCIECH POGANY

Zakład Geologii U. J. Stacja Dośw. bad. grunt.

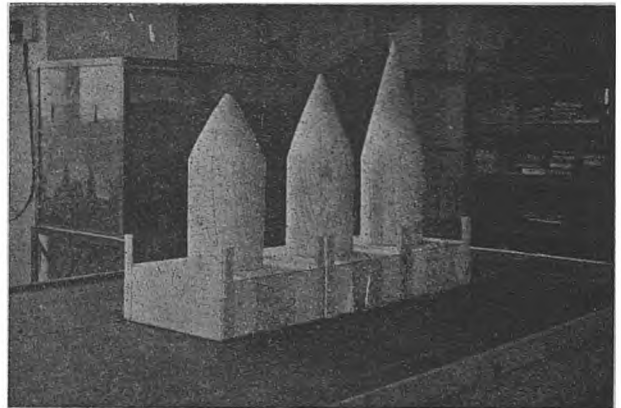
## NOWSZE BADAŃIA DOTYCZĄCE STWIERDZENIA WPŁYWU NAJWAŻNIEJSZYCH CZYNNIKÓW NA NOŚNOŚĆ PALI

Nie mam zamiaru w niniejszym artykule omawiać literatury dotyczącej zagadnienia nośności pali. Większość prac w tym kierunku z przed r. 1920 ma obecnie li tylko wartość historyczną. Nie uwzględniają one podstawowych zasad i metod badania mechaniki gruntu.

W tak zwanym okresie klasycznym (do roku 1920) wyprowadzano wzory na nośność pali z zasad dynamiki, z równań na zderzenie ciał nieelastycznych wzgl. elastycznych. Opierając się na wszystkich możliwych matematycznych przesłankach, uwzględniono ciężar baby, kształt pala, wysokość spadania, szybkość uderzania, mimośród uderzenia, elastyczne właściwości pala, cały szereg współczynników tarcia między głowicą pala a babą, między palem a ziemią itd. Wpływu gruntu jednak, który gra tu największą rolę, nie uwzględniano wcale. Wpływ ten uwzględniono najpierw we formie współczynnika tarcia a potem we formie współczynnika redukcyjnego uzyskanego z doświadczeń, który wprowadzono do równania na uderzenie elastyczne. Późniejsze metody praktyczne służące do obliczenia nośności pali opierają się na 2-ch teoriach i tak: starsza metoda Dörra („Nośność pali“ Berlin 1922) i druga prof. inż. dr. Karola Terzaghi'ego, profesora uniwersytetu Harvard Cambridge, Mass. U. S. A. „Mechanika gruntu“ 1925, a nadto cały szereg pism odnośnie tego zagadnienia.

We wspomnianej pracy Dörr neguje wpływ ścinających sił bocznych, spowodowanych kom-

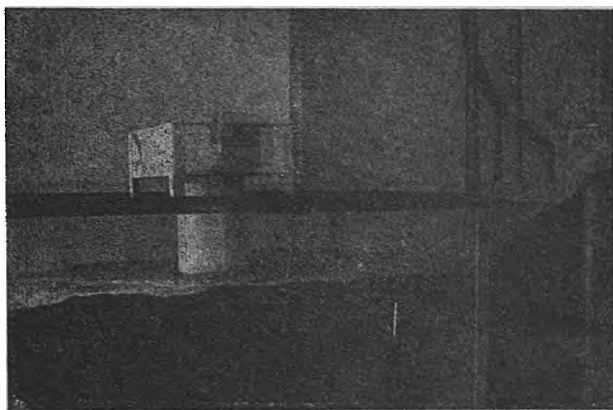
presją gruntu podczas wbijania pala. Twierdzi on, że miarodajnymi są tu działające osiowo siły reakcji i siły wynikłe z tarcia. Terzaghi natomiast nie uwzględnia wpływu niepewnych i niejasnych sił wywołanych przez tarcie, a największy wpływ jego zdaniem ma tu obwiednia natężeń (płasz na-



Rys. 1.

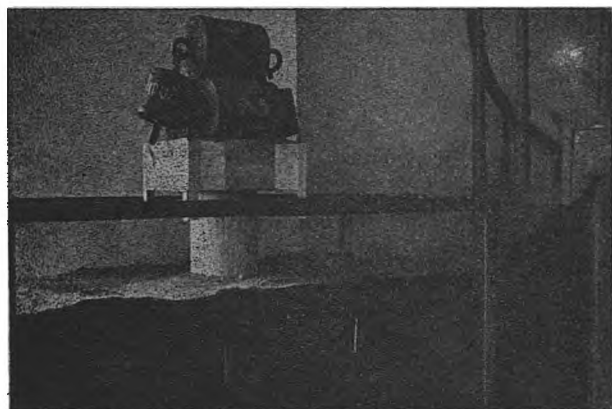
teżeń). Moje badania dotyczą pytania, która z tych metod zbliża się bardziej do fizycznej rzeczywistości. Dla tych badań wykonano trójki pale modelowe. Średnica tych pali wynosi 15 cm, powierzchnia górna gładko heblowana,

a wysokość równa się mniej więcej 3-krotnej długości zaciosanego końca pala. Kształt zaciosanego końca pala był różnorodny, a mianowicie kąt zaciosu wynosił 30, 45 i 60° (patrz zdjęcie 1.). Na głowie pali przygotowano drewniane skrzynki 30 × 40 × 10, a na bocznych ich rogach przyklepiono po 2 (razem 8) skrawki papieru milimetrowego, aby umożliwić pomiar osiadania. Następnie sporządzono skrzynkę modelową z żelaznych kątówek i gru-



Rys. 2.

tego szkła (6m/m) o wymiarach 150 × 100 × 100 dla pomieszczenia materiału gruntowego (piasek, glina i td.). Do rychłego opróżnienia skrzynki służy specjalny wentyl umieszczony w dnie skrzynki. Pale modelowe umieszczone w masie gruntowej. Początkowo obciążono je odważonym gruzem a po wypełnieniu skrzynki (zdjęcie 2) ciężarem dodatkowym (zdjęcie 3). Kierunek pali skontrolowano przy pomocy poziomicy. Ponad krawędzią skrzynki rozpięto dwie nitki wzdłuż i w poprzek skrzynki



Rys. 3.

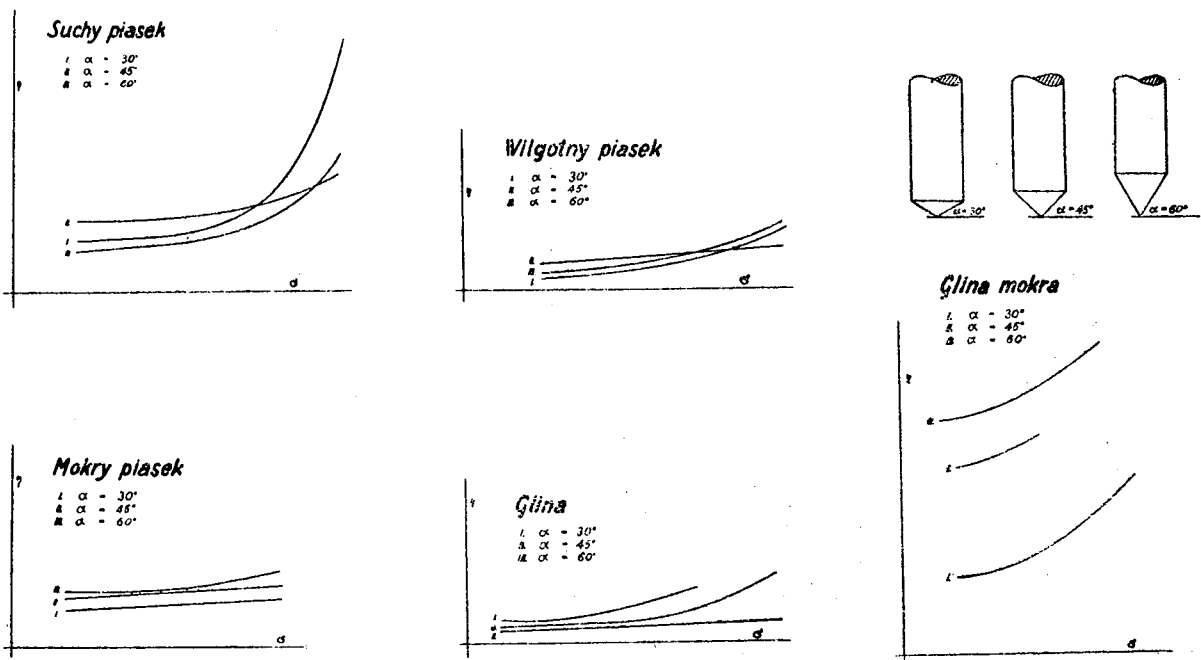
i to przy pomocy ciężarów ołowianych. W ten sposób odczytywano osiadanie na skrawkach papierków milimetrowych. Dla każdej skrzynki robiono 8 odczytów, z których wypośredkowano średnią arytmetyczną jako miarę osiadania. Mimo że osiadania wynoszą tylko milimetry, a dokładność

szacunkową podaje się w dziesiątych milimetra, to praktyczna dokładność jest znacznie większa. Przy najmniejszym pochyleniu pala (które przy procesie obciążania i osiadania jest nie do uniknięcia) powiększono dokładność (czułość) odczytu przez zastosowanie urządzenia dźwigniowego.

Jako materiału gruntowego użyto suchego, wilgotnego i mokrego piasku, suchej, wilgotnej i mokrej gliny. Wilgotność piasku wynosiła 8, 12 i 20%, zaś wilgotność gliny 9 i 17%. Dokładnego badania własności fizyczno-mechanicznych tych gruntów nie przeprowadzono. Dla każdego gatunku gruntu sporządzono wykres obciążenia i osiadania (zdjęcie 4.). Trzy krzywe odpowiadają trzem kształtom zaciosanych końców i tak: krzywa I odnosi się do kąta 30°, krzywa II do kąta 45° i krzywa III do kąta 60°. Na rysunku przyjęto dla jednego kilometra obciążenia 1 mm, a jako miarę osiadania 10 mm dla osiadania wynoszącego 1 mm. Z wykresów widać wyraźnie że kształt zaciosanego końca pala nie ma żadnego wyraźniejszego znaczenia dla osiadania. Linie osiadania przebiegają przeważnie równolegle, a osiadanie jest większe raz dla jednego, drugi raz dla innego kształtu zaciosanego końca pala. Tylko przy suchym piasku widać, że pal II a częściowo i pal I przy obciążeniu ponad 100 kg. osiada nagle silnie. Przy mokrej glinie jest to osiadanie — przy stosunkowo małym przyroście obciążenia — również znaczne. Nośność pala o kształcie I jest wyraźnie większa, jak dla kształtu III (kształt II jest w środku).

Takie same próby wykonano następnie w świeżym betonie. Beton przeznaczony do prób przygotowano z 3-ch wspomnianych wyżej sort piasku z dodaniem cementu. Beton wykazał początkowo te same fizyczne właściwości, co i 3 gatunki piasku. Działanie cementu zaczyna się dopiero przy wiązaniu. Przez to ustabilizowany został stan odkształcenia. Przed całkowitym stwardnieniem betonu wyciągnięto pale próbne a masa betonowa została przecięta równolegle do osi pala. Okazało się, że pod każdym palem poruszał się pewnego rodzaju korek betonowy, którego kształt jest prawie niezależny od kształtu zaciosanego końca pala. Średnica poruszającego się korka jest zależna tylko od średnicy pala. W pierwszej fazie ruchu wpływ kształtu zaciosanego końca pala jest niezaprzeczalny, znika jednak przy większej kompresji i zostaje przysłonięty przez inne wpływy.

Przed zajęciem procesu związania w świeżym betonie — posługując się metodami badań makroskopowymi — nie można zauważyć żadnej różnicy między mokrym piaskiem (żwirem) a betonem. Tzw. granica plastyczności wzgl. płynności, które to wielkości ustalamy przy pomocy aparatu Casagrandy w tej fazie nie wykazuje żadnych różnic. Dla niezaznajomionych bliżej z metodą badań z mechaniką gruntu chcę nadmienić co następuje: zdolność odkształcania wzgl. zjawiska płynności wywołane ciężarem własnym lub innymi siłami są te same dla betonu, co i dla piasku. Dopiero w drugiej fazie procesu możemy stwierdzić pewne różnice przy pomiarach wykonywanych przy pomocy odpowiednich przyrządów. Zmiany tę wystę-



Rys. 4

pują dopiero z chwilą, gdy zaczynają się procesy koloidalne.

Wyżej opisane badania przy pomocy pali modelowych przeprowadzono ściśle tylko w pierwszej fazie, tj. przed związaniem betonu.

Jakie natężenia są miarodajne dla nośności pali? Czy słusznym jest twierdzenie Dörra, czy też słusznosc ma Terzaghi?

Po dokonaniu poniżej podanych nowych prób, wpadłem na nową myśl odnośnie nośności pali. Terzaghi chce wyjaśnić powstające natężenia poprzeczne w zwięzłym gruncie przy pomocy hydrodynamicznych natężeń, powstających w wodzie znajdującej się w porach. Po upływie pewnego czasu mają one wprowadzić do zupełnego odprężenia. Eksperymentalnego dowodu jednak brak w procesach badawczych Terzaghi'ego.

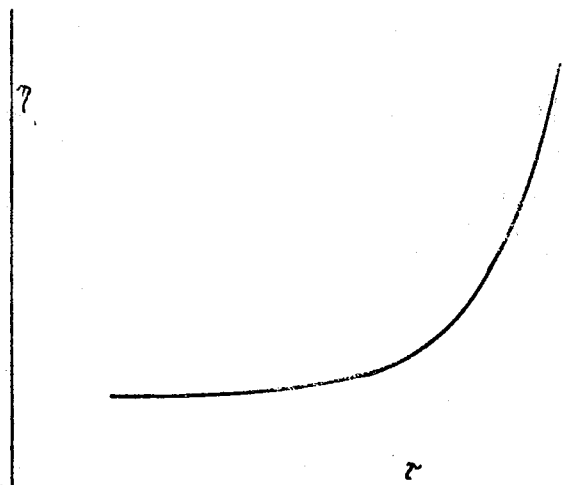
Następujące badania prowadzą mnie do przyjęcia, że siły ścinające grają tu miarodajną rolę. Wbijalem w grunt pale pełne i o przekroju rurkowym i w obu wypadkach narysowałem wykres osiadania (rys. 5.). Pierwszą fazą odkształcenia do chwili powstania wyżej wymienionego korka, a w wypadku użycia rury do chwili, kiedy się zatkał otwór ziemią, opuściłem w rysunku jako szkodliwą dla dalszego zrozumienia obrazu natężeń. Przy palach o przekroju pełnym i wydrążonym, otrzymujemy prawie jednaki obraz. Obraz odkształcenia jest podobny do tego, jaki otrzymujemy, gdy wbijamy w miękki metal twardey sworznię. Obraz ten jest bardzo zbliżony do obrazu fig. 4. Można tam było stwierdzić funkcjonalny związek między głównym natężeniem pionowym a osiadaniami. Związek ten posiada głębszy powód: proporcjonalność między pionowym natężeniem głównym, a naprężeniem na ścinanie, które powstaje na powierzchni pala. Związek ten wydaje się być prostą zależno-

ścią liniową, sprawa ta jednak wymaga jeszcze bliższego zbadania.

Przy próbie zatkał się wkrótce dolny otwór w rurze i materiał gruntowy wdarł się tylko nieznacznie. (2 — 3 średnice rury), potem rura działała jak pal o przekroju pełnym. Siła reakcji wzdłuż osi zdaje się grać w układzie sił podczas ubijania pala tylko drobną rolę. Najważniejszy wpływ zdają się tu mieć siły ścinające. Podobnie jak przy wbijaniu sworzni działają one wzdłuż i w poprzek na płasz pala, względnie na płaszczyzny graniczne materiału gruntowego otaczającego pal.

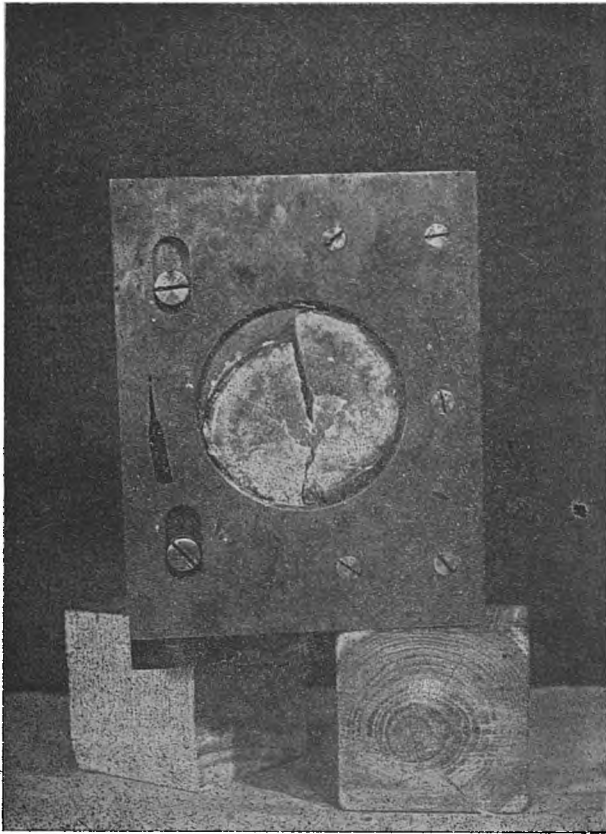
Mechaniczno-technologiczny proces wbijania pali podobny jest najbardziej do procesu sztancowania.

wykres osiadania



Rys. 5.

Nie naciski poprzeczne i osiowość nateżeń głównych, lecz siły ścinające są tu miarodajne. Aby udowodnić słuszność tego przyjęcia, skonstruowałem prosty aparat do badania ścinania (patrz zdjęcie 6, 6a), przy pomocy którego przeprowadziłem poniżej opisane próby. Aparat ten składa się z dwóch szczęk wydrążonych półkuliście, których



Rys. 6.

otwór przy złożeniu tworzy walec o wymiarach 50 cm<sup>2</sup> i 30 mm wysokości. Wymiary te odpowiadają wymiarom próbnej wkładki oedometrycznej Terzaghi'ego pasującej dokładnie do tego otworu.

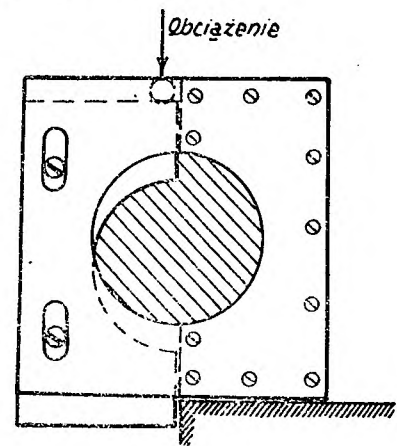
Na kraju ruchomej szczęki znajduje się wyfrezowany otwór dla małej stalowej kulki. Aparat do mierzenia ścinania wkłada się razem z kulą do przyrządu Terzaghi'ego do mierzenia obciążenia i obciąża się go. Ekscentryczność kulki powoduje małe dodatkowe nateżenie gnące (oprócz czystego nateżenia ścinającego), które jednak praktycznie nie uwzględnia się.

Przed tymi badaniami wykonano serię prób obciążenia gruntu oedometrem Terzaghi'ego i tak, pierwsza z obciążeniem wynoszącym 25 kg, druga 50 kg, a każda następna o 25 kg więcej, aż do 300 kg. Następnie dano te wkładki próbne do aparatu do badania ścinania. Tą metodą badania chciałem śledzić nagromadzenie się nateżeń, które powstają przy wbijaniu pala i tak najpierw kompresję gruntu pod palą i następujące potem ścinanie. Wyniki tych podwójnych prób naniosłem na wykres i tak: na osi pionowej oedometryczne ob-

ciążenia, zaś na osi poziomej opory przeciw ścinaniu odnoszące się do pojedynczych próbnych wkładek oedometrycznych. Tak otrzymane wykresy mają tę samą formę i ten sam charakter, co i krzywe osiadania pali. To podobieństwo nie jest wcale przypadkowe. Ma ono głębszą przyczynę z jednej strony w związku gruntowo-mechanicznym między ciśnieniem na grunt a oporem przeciw ścinaniu.

Aby zbadać, które z przyjęć tj. czy przyjęcie Terzaghi'ego czy Dörra jest słuszne, zastosowałem nieużywaną dotychczas mikroskopową metodę badania zmian porowatości, które powstają na skutek zmiany napięć. Cyfrę porowatości i jej

### *Przyrząd do badania wytrzymałości gruntów na ścinanie*



Rys. 6 a.

zmianę wprowadził już Terzaghi w swoich badaniach na ciśnienie. Mierzy on także ową cyfrę (liczbę) porowatości, jednak jest ona abstrakcyjną i trudną do zaobserwowania. Również i przy tych próbach zastąpiłem następnie piasek (masę gruntową) świeżym, jeszcze niezwiązanym betonem, znowu przyjmując, że przed procesem związania betonu, ze stanowiska mechaniki gruntu, nie ma prawie żadnej różnicy między tymi oboma materiałami. Celem uproszczenia w dalszych pracach, starałem się otrzymać materiał do prób o ile możliwości o jednakowym uziarnieniu. W tym celu ograniczyłem uziarnienie do dwu następujących po sobie seriach sit (1,5 i 1 mm).

Nie obciążony beton został po związaniu spręparowany, pokrajany i oszlifowany. Próby szlifowania pokazały prawie że jednolitą strukturę i prawie jednakowo wielkie i równomiernie rozdzielone pory. Porowatość stwierdzono w sposób następujący: z powierzchni szlifów zrobiono mikrofotografie i ustalono stosunek powierzchni por do powierzchni całkowitej. Stosunek ten był na różnych miejscach nieobciążonego betonu prawie jednaki (zdjęcie 7a, 7b, 7c). Po wciśnięciu pala modelowego w beton nieobciążony powstał całkiem

inny obraz: w najbliższej okolicy obwodu pala pory zmniejszają się i wciskają się promieniście we wszystkich kierunkach. Proces tego odkształcenia maleje z odległością od środka pala. Jeżeli połą-

wstają tylko w bliskim otoczeniu pala. Zatem w pobliżu płaszczka pala istnieją w gruncie natężenia spowodowane siłami poprzecznymi, jednak daleko mniejsze, aniżeli przyjmuje Terzaghi.



Rys. 7 a.



Rys. 7 c.

czymy na mikrofotografii punkty o jednakowej liczbie porowatości, otrzymamy linie jednakowych napięć (natężeń), w naszym wypadku koła współ-



Rys. 7 b.

środkowe. Widzimy następnie, że te współśrodkowe koła przechodzą wkrótce w maksymalną porowatość. Innymi słowy: zmiany strukturalne po-

Z przeprowadzonych przeze mnie prób wynika jasno, że:

1) kształt zaciosanego końca pala nie ma szczególnego wpływu na nośność pala; w pierwszej tylko fazie obciążenia widać mały wpływ, w następnych natomiast fazach wpływ ten zostaje przesłonięty przez inne wpływy;\*)

2) w sąsiedztwie słupa można zauważyć rzeczywiście utwardzenie gruntu, jednak według moich dotychczasowych wyników prób, zasięg zagęszczenia i stopień zagęszczenia nie jest szczególnie wielki;

3) próby moje pokazały, że największy wpływ na nośność pala mają natężenia ścinające wzgl. siły ścinające — powstają one na wysztancowanych na kraju powierzchniach gruntu podczas wbijania pala.

Dla dokładnego zrozumienia tego zjawiska posłużę się pewną analogią z dziedziny nauki o wytrzymałości: badając wytrzymałość na ściskanie kostki próbnej z kruchego materiału (beton, kamień naturalny) występuje ogólnie znane zjawisko pęknięcia (skośne pęknięcia, stożkowa płaszczyna pęknięcia). Pracują tu siły pionowe (obciążenie). Nośność charakteryzowana jest nie przez normalne

\*) Do dziś jeszcze kwestia istnienia wpływu kształtu zakończenia pala na jego nośność jest kwestią sporną. Coprawda pewna grupa amerykańskich autorów stoi na stanowisku, że wpływ ten bezsprzecznie istnieje. Najlepszym dowodem na to są liczne prospekty fabryk (belgijskie, francuskie i angielskie) polecające pale z wyszczególnieniem kształtu końca.

natężenie (opór przeciwko ściskaniu) ale przez wyczerpanie oporu.

Siły pionowe ściskania pracują tutaj aż do zniszczenia ciała próbnego. Analogiczny obraz fizyczny występuje przy obciążaniu pali. Siły pionowe i natężenie przy ściskaniu działa z wszelką pewnością też wtedy, gdy pal zostaje wbijany. Zachodzące osiadanie pala (wyczerpanie nośności) można wytłumaczyć wyczerpaniem oporu przeciw ścinaniu w gruncie pod palem. Wyczerpywanie się oporu przeciw ścinaniu można zauważyć przy wbijaniu pala. Kiedy osiadanie pala zostaje wywołane przez jego ciężar własny i ciężar użytkowy, dochodzimy do stanu granicznego (patrz charakteryzowanie przez koło Mohra i linie graniczne). Występujące tutaj wielkości natężenia przy ścinaniu, które jak wyżej wspomniano, zależą od natężenia normalnego, powinny być stwierdzone doświadczalnie. Stąd możnaby potem w danym wypadku wyprowadzić prostą formułę dla obliczania nośności, co miałyby wielkie znaczenie dla praktyki budowlanej.

Jak dalece przypuszczenia moje co do wpływu natężenia przy ścinaniu są słuszne, może być

tylko stwierdzone przez dalsze badania i tylko przez badania. Obraz natężeń koła pala (włącznie z naprężeniami pod palem) są bardzo skomplikowane. Jeżeli stan natężeń będziemy traktować jako płaski i nie weźmiemy pod uwagę wpływu pali sąsiadujących, to zachodzi możliwość, że poszczególne natężenia będą się częściowo przenikać. Dlatego też mogą wtedy wystąpić silniej inne natężenia oprócz natężeń na ścinanie.

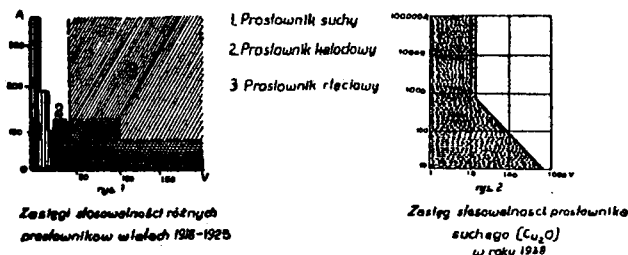
Wytłumaczenie przez zastosowanie badań fotoelastycznych uważam za niedostatecznie pewne, gdyż brak tutaj właściwości podstawowych, warunkujących badania fotoelastyczne, a mianowicie: homogeniczność, izotropijność i stałość współczynnika Poissona  $\mu$ . Badania te przeprowadzono dla piasku i mas piaszczystych. Metodyka badań jest ściśle związana z właściwościami tego rodzaju gleby. Badania nad świeżym betonem mają raczej wartość dydaktyczną i pouczającą, niż zasadniczą.

Badania nad gruntem spoistym przeprowadzone są nadal w naszym laboratorium przy U. J. po zakończeniu ich wyniki zostaną ogłoszone.

Inż. EUGENIUSZ ŁOPUSZYŃSKI  
Zakład Górnictwo II. A. G. w Krakowie

## PROSTOWNIKI STYKOWE

Postęp techniki budowy prostowników stykowych w okresie ostatnich dwudziestu lat jest tak poważny, że prostowniki tego typu ostatnio wkroczyły zdecydowanie nawet w dziedzinę zastosowań prostowników rtęciowych. Dla mocy od 2 do 100 KW i dla napięć do 100 Volt prostowniki stykowe nie tylko dorównują innym rodzajom prostowników, lecz pod wielu względami je przewyższają. Niżej umieszczone wykresy porównawcze zasięgów stosowalności różnego rodzaju prostowników w latach 1919—1925 i w roku 1938 w odniesieniu do najbardziej udoskonalonego prostownika stykowego z tlenku miedziawego ( $Cu_2O$ ).



Rys. 1

dają obraz postępu dokonanego w dziedzinie budowy prostowników stykowych, czasami nazywanych również prostownikami suchymi. Zasadą bu-

dowy prostownika stykowego jest dobrze znany z zarania radiotechniki detektor kryształkowy. O ile jednak w detektorze mieliśmy do czynienia z prądami o natężeniu kilku miliamperów o tyle w prostownikach stykowych wkraczamy w dziedzinę dziesiątków, setek, nawet i tysięcy amperów.

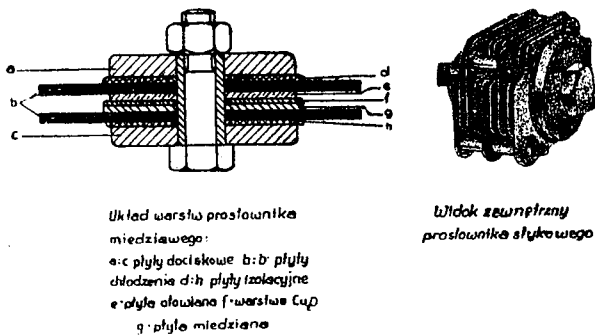
Zamiast styku „ostrze-płytką“ detektora kryształkowego zastosowano w prostownikach suchych styk dwóch większych powierzchni płytkowych. Powierzchnie tych płyt są odpowiednio spreparowane, po czym płyty są silnie ze sobą sprasowane. Wtedy prostownik stykowy jest już gotowy do użytku.

Jak widać, wykonanie i funkcjonowanie prostownika suchego jest bardzo proste, nie wymaga ono wytwarzania próżni, żadnego podgrzewania elektrod dla wywołania zjawiska jednokierunkowego przepływu elektronów i t. p.

W nowoczesnych prostownikach stykowych płyty są wykonywane albo z selenu, albo ze związków miedzi.

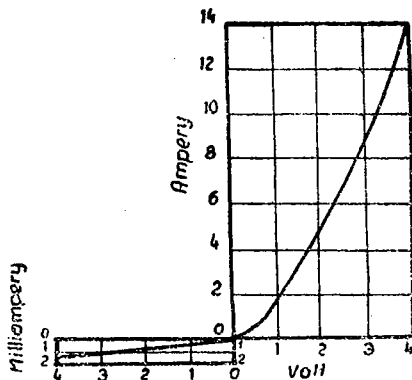
Najbardziej udoskonalonym i rozpowszechnionym w dobie obecnej jest prostownik z tlenku miedziawego ( $Cu_2O$ ). Taki prostownik składa się z płytki miedzianej, na powierzchni której sformowano bardzo cienką warstwę krystaliczną tlenku miedziawego. Proces formowania warstwy tlenku miedziawego jest do pewnego stopnia sekretem fabrykacyjnym kilku fabryk, wytwarzających te aparaty w Europie i Ameryce.

Powstała z miedzi, podczas podgrzewania jej do czerwoności cienka warstwa tlenku wypełnia zupełnie szczelnie i dokładnie powierzchnie płyty miedzianej. Dzięki temu opór przejściowy między obu warstwami jest minimalny. Poza tym, dla osiągnięcia zupełnie dokładnego przylegania i jednostajności nacisku pomiędzy poszczególnymi warstwami prostownika dodaje się ponadto płytkę ołowiu lub też cienką listwę folii e (patrz rys. 2).



Rys. 2

Śruby ściągające i płyty ściskowe są odizolowane od warstwy prostownika. Płyty chłodzące służą zazwyczaj do doprowadzenia prądu. Przepływ prądu odbywa się w kierunku miedz-tlenek miedzawy. W przeciwnym kierunku prostownik przedstawia tak wielki opór, że, jak widać z wykresu nr 3.



Charakterystyka słyszykowa prostownika stykowego (Cu<sub>2</sub>O)

Rys. 3

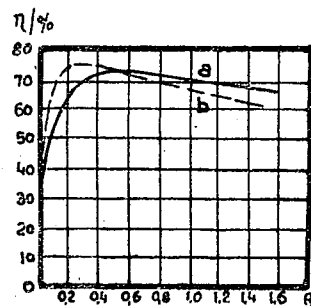
stosunek natężeń prądów płynących przez prostownik w jednym i drugim kierunku jest przy napięciu 3 V — 9000:1. Każdy element prostownika z całą pewnością prostuje prąd pod napięciem od 5 do 8 V, przy czym natężenie prądu w takim elemencie może wynosić od 0,1 do 10 A zależnie od powierzchni czynnej styków i to przy

chłodzeniu naturalnym. Stosując sztuczne chłodzenie (wentylację) prostowników stykowych, można osiągnąć, jak podają Baudisch i Kafka 13,5-krotnie większą od wyżej podanych wielkości obciążalność płytek. Dla wyprostowywania prądów o dużym natężeniu i o wysokim napięciu stosuje się odpowiednie kombinacje połączeń elementów prostowniczych w szereg i równoległe.

Należy podkreślić, że zanurzenie elementów prostownika stykowego w oleju transformatorowym nie tylko niema żadnego chemicznego wpływu na funkcjonowanie prostownika — lecz pozwala na osiągnięcie gęstości prądu około 0,5 A/cm<sup>2</sup> powierzchni styku.

Prostownik stykowy pracuje zupełnie normalnie nawet w temperaturze 80° C. Praktycznie prostowniki suche są wykonalne dla dowolnej wielkości napięcia i prądu i tylko względy ekonomiczne ograniczają osiągalne moce i napięcia.

Współczynnik wydajności prostowników stykowych jest wysoki: przeciętnie około 80% zależy od napięcia a w małym stopniu od obciążenia. Niżej załączony wykres podaje η w zależności od obciążenia (rys. 4) prostownika 24 V, 0,7 A dla



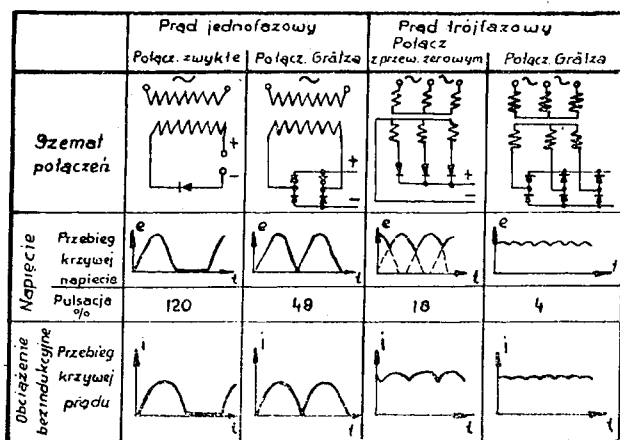
Współczynnik wydajności η prostownika stykowego (Cu<sub>2</sub>O) 24 Volt 0,7 Amp.  
 a - obciążenie oporowe  
 b - ładowanie baterji

Rys. 4

prądu jednofazowego w układzie połączeń Graetz'a. Dla prądów wielofazowych jest η o 10% większe. Dla wysokich napięć u prostowników suchych η nie wzrasta tak jak dla innych rodzajów prostowników. Przyczyną tego jest niewielkie napięcie jednostkowe każdego elementu prostownika i konieczność stosowania przy wysokich napięciach dużej ilości elementów prostowniczych. Dla wyprostowania obu połówek sinusoidy prądu zmiennego stosuje się przy prostownikach suchych układ połączeń Graetz'a. W tym układzie dla wyprostowywania prądu je-

dnofazowego trzeba 4 elementów prostowniczych, a dla trójfazowego — 6-ciu.

Na rys. 5 podane są dla porównania różne sposoby połączeń elementów prostowników stykowych i przebiegi napięć i prądów w takich układach. Godnym uwagi jest fakt, że w połączeniu Graetz'a wyprostowany prąd trójfazowy ma pulsacje odpowiadającą pulsacji prądu prostownika sześciofazowego. W układzie sześciofazowym otrzymujemy



Rys. 5

pulsację odpowiadającą pulsacji prostownika 12 — fazowego. W górnictwie prostowniki stykowe znalazły szerokie zastosowanie. Prostota konstrukcji i wypływająca z niej duża pewność ruchu zapewniła tym prostownikom dominującą rolę w tych instalacjach, gdzie niezawodność działania jest koniecznością. Prostowniki stykowe obsługują albo bezpośrednio odbiorniki, lub też w połączeniu równoległym z baterią akumulatorów.

Bezpośrednie zasilanie odbiornika prostownikiem oszczędza, oczywiście, kosztów zakupu i utrzymania

baterii. Jednakowoż z chwilą przerwy w dopływie prądu zmiennego — ustaje przepływ prądu i po stronie prądu stałego. W sygnalizacji szybkiej taki stan rzeczy jest dopuszczalny, ponieważ z chwilą zaniku napięcia zmiennego ustaje praca maszyny wyciągowej i całego wyciągu. Dla zapewnienia 100% pewności ruchu instaluje się 2 prostowniki, — jeden z nich wtedy jest rezerwą. Tam, gdzie utrzymanie napięcia prądu stałego musi być zapewnione bez przerwy — stosuje się jak wspomniano wyżej, równoległe połączenie baterii akumulatorów z prostownikiem. W normalnym ruchu prostownik zapewnia sam zasilanie odbiorników. Podczas zaniku napięcia zmiennego, lub też podczas większych uderzeń prądu ze strony odbiorników — bateria akumulatorów zastępuje lub współpracuje z prostownikiem. Po rozpoczęciu normalnego zasilania prostownik automatycznie zaczyna doładowywanie baterii. Aby uniknąć przerw w odbiorze po stronie prądu stałego — dodaje się do kombinacji prostownik — bateria, wyłącznik automatyczny Pöhler'a.

Poza tym prostowniki stykowe znalazły zastosowanie w zasilaniu obwodów oświetlenia bezpieczeństwa, obwodów aparatury pomocniczej wyłączników automatycznych (elektromagnesy do załączania i wyłączania), obwodów telefonicznych, sygnalizacji kolejek kopalnianych, do ładowania baterii lokomotyw kopalnianych i ręcznych lamp bezpieczeństwa.

Prostowniki stykowe budowane są również w wykonaniu przeciw-wybuchowym dla kopalń gazowych. W większości przypadków jednak prostowniki są instalowane na powierzchni i wtedy, oczywiście, są one o wykonaniu zwykłym. W dobie obecnej prostowniki stykowe, dzięki wyżej wspomnianemu zaletom, górują nad przetwornicami wirującymi, nad prostownikami rtęciowymi katodowymi, zasilając bezpośrednio szereg ważnych odbiorów.

Mgr JAN GŁOGOCZOWSKI

Zakład Górnictwo II, A. G. Kraków

## O POWŁOKACH LAKIEROWYCH

Człowiek w poszukiwaniu form ułatwienia i udoskonalenia swego życia i jego ram, zajął się już w latach najdawniejszych walką z czynnikami, które stawały mu na drodze do rozwoju. Z biegiem czasu doszedł do wniosku, że tak w różnych dziedzinach życia codziennego, jak i w przemyśle, jednym z najważniejszych jest zagadnienie walki z korozją.

Mimo jednak, że ludzkość od tak dawna i tak wszechstronnie stara się rozwiązać ten problem — pozostaje on w dalszym ciągu nierozwiązany.

Najbardziej ulegają korozji przedmioty żelazne czy też stalowe. Powierzchnia takich wyrobów

musi być chroniona w mniejszym lub większym stopniu przed działaniem powietrza, wilgoci, lub też innych chemicznych składników przestrzeni w której się znajdują. Zwłaszcza konstrukcje żelazne — jak mosty, urządzenia fabryczne, pojazdy mechaniczne aż do najprostszych sprzętów użytku codziennego — łatwo im ulegają. Straty zaś wywołane przez korozję zmuszają do ciągłej i ostrej walki z nią.

Wszystkie środki ochronne dotychczas znane, działają tylko na pewien krótki przeciąg czasu i co jakiś okres muszą być odnawiane lub uzupełniane.



Nasza dotychczasowa znajomość metod ochrony przedstawia się następująco:

1) przez powłokę lakierową — lakiery te składają się zawsze z substancji suchej — (farby ziemne, minia, grafit i t. p.) ze spoidła (olej lniany, drzewny, żywice i t. p.) oraz z rozpuszczalnika. Powłoki lakierowe nie dają trwałej ochrony, gdyż zostają z wolna niszczone przez słońce, powietrze i wodę,

2) przez utworzenie  $Fe_3O_4$ : np. elektrolitycznie,

3) przez utworzenie na powierzchni fosforanów (np. Met. Parkera),

4) przez pokrycie metalem szlachetniejszym — np. nikiowanie, kobaltowanie, chromowanie i t. p.,

5) przez emaliowanie.

Bardziej jeszcze obszerne zastosowanie znajdują farby olejne i lakiery służąc do zabezpieczenia przed działaniem czynników atmosferycznych, płaszczysz z drzewa, metalu lub różnych zapraw murarskich. Stają się one bowiem przez pokrycie tymi powłokami niewrażliwe na ujemne działania.

Jak ogromne ilości tych farb i lakierów są zużywane można sobie wyobrazić jeżeli przyjmiemy — że na pokrycie lakierem  $1\text{ m}^2$  powierzchni zużywa się średnio około 250 g. lakieru olejowego — zaś w wypadku lakierów nitrocelulozowych ilość ta czasem dochodzi do  $1,3\text{ kg}$  na  $1\text{ m}^2$ .

Dla orientacji chciałbym podać krótką systematykę farb i lakierów, zaznaczam jednak, że znajdziemy obecnie w handlu cały szereg lakierów, których nie będziemy mogli zaszerzować do żadnej z grup ze względu na bardzo skomplikowany skład.

Ogólnie możemy podzielić farby i lakiery na a) rozpuszczalnikowe i b) olejowe.

a) Głównym przedstawicielem typu rozpuszczalnikowego są lakiery spirytusowe — są to roztwory żywic w rozpuszczalniku typu alkoholowego.

Jako żywic używa się przede wszystkim naturalnych jak: szelaku, kopalii, mastyksu również kalafonii, poza tym mamy żywice syntetyczne jak albertole, pewne typy bakelitu. Do żywic tych dodaje się t. zw. plastyfikator np. olej rycynowy, kamfora, terpentyna gęsta.

Lakiery te mają bardzo różnorodne zastosowanie ale nie na dużą skalę.

Drugim i może ważniejszym przedstawicielem tego typu są lakiery oparte na estrach celulozy.

Lakiery te składają się głównie z nitro- lub acetylocelulozy z dodatkiem plastyfikatorów oraz żywic rozpuszczonych w rozpuszczalnikach typu acetonowego.

Lakiery rozpuszczalnikowe a zwłaszcza nitro są niestety najbardziej nieekonomicznymi lakierami, gdyż ilość estru celulozy wykracza niewiele poza 20% w stosunku do rozpuszczalnika, który ulega całkowitemu ulotnieniu i w budowie powłoki lakierowej udziału nie bierze. Zaletą jednak b. dużą i ona właściwie warunkuje wielkie zużycie lakierów celulozowych — jest b. szybkie schnięcie, które umożliwia pracę systemem taśmowym. Lakiery nitro zawdzięczają swe powstanie wielkiej ilości bawełny strzelniczej, która pozostała po pierwszej wojnie światowej — dla której nie można było długo znaleźć w czasie pokoju zastosowania.

b) Drugim typem lakierów są lakiery i farby oparte na olejach schnących. Mianowicie niektóre oleje roślinne jak lniany, drzewny i t. p. posiadają cenną właściwość wysychania w cienkiej powłoce pod wpływem tlenu powietrza i światła (zwłaszcza ultrafioletowego).

W praktycznym użyciu mamy dwa gatunki farb olejowych: mianowicie farby olejne i lakiery olejne.

Farby olejne są to oleje (przeważnie zagęszczone) z dodatkiem katalizatorów t. zw. sykatyw przyspieszających schnięcie, zmieszane z farbami suchymi.

Lakiery olejne natomiast są to mieszaniny żywic naturalnych czy też syntetycznych z olejami schnącymi (mieszaninę taką otrzymuje się przez stopienie żywicy z olejem). Dla nadania barwy rozciera się lakier bezbarwny z farbą suchą oraz dodaje się nieco rozpuszczalnika dla uzyskania odpowiedniej gęstości.

Do lakierów olejowych używamy następujące żywice: kopału, bursztynu, kalafonii, estrów kalafonii oraz żywic syntetycznych jak arbertol, żywice kumaronowe, żywice winylowe i t. p.

Różnorodność gatunków lakierów nie pozwala na opisanie ich nawet w streszczeniu, nie mniej podam parę typowych: lakiery do żelaza, do szlifowania, do mebli, do karoserii samochodów, dalej emalie, lakiery do skór, do grzejników, lakiery matowe, rdzochronne, wodoodporne i niezliczona ilość innych. Każdy z tych lakierów jest przeznaczony dla pewnego określonego typu malowania i nie może być stosowany jako uniwersalny.

Przed laty w lakiernictwie opierano się na ścisłym operowaniu według recept opracowanych znacznie dawniej, co w dużym stopniu hamowało rozwój tej tak ważnej dziedziny. Dopiero wprowadzenie (na przełomie XX wieku) badań chemicznych doprowadziło do ogromnego rozwoju.

Gdyby nie opracowano nowych gatunków żywic syntetycznych czy też ulepszonej przeróbki olei schnących brakłoby wkrótce surowców lakierniczych. Zapotrzebowanie bowiem na gotowe wyroby lakiernicze stale wzrasta, a produkcja naturalnych żywic czy też olei pozostaje bez zmian. Tlen powietrza, woda i t. p. nie przestają działać i dlatego musimy stale i wytrwale dążyć do większego zabezpieczenia niemal wszystkich przedmiotów przed ich działaniem. Dbać o to należy głównie dlatego, że straty gospodarcze wywołane korozją czy gniciem lub butwieniem są ogromne. Ważnym jest także, że lakierowanie wpływa na efektowny wygląd przedmiotów i dzięki łatwości zmywania pozwala je utrzymać w czystości i dbać o ich estetyczny wygląd. Poza tym przedmiot chroniony lakierowany jest bardziej ceniony. Brak rąk do pracy i stale ten sam zasób naturalnych surowców wpływają na zwiększenie wartości. Jak więc widzimy względy społeczno-gospodarcze są wielkie, przeto wysiłek ludzi nauki i praktyków powinien zgodnie dążyć do udoskonalenia powłok lakierowych.

Dr. Inż. TOMASZ KLUZ — Prof. Politechniki, Warszawa

## OBLICZENIE RAM CIĄGLYCH METODĄ WTÓRNYCH REAKCYJ

(dokończenie artykułu zamieszczonego w Nr. 5—6 1947)

Przez dodanie do siebie momentów według obliczenia I i obliczenia II otrzymujemy momenty sumaryczne pod obciążeniem  $g_1$  i  $g_2$ . Wyniki przeprowadzonych powyżej obliczeń jak również sumaryczne momenty zestawiono wraz ze współczynnikami  $\alpha$ ,  $\delta$  i  $\gamma$  w Tabeli I.

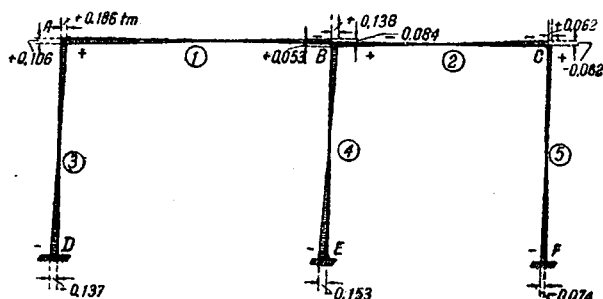


Fig. 11. Momenty dodatkowe.

### Sily poprzeczne

$$Q_{1A} = \frac{1}{2} g_1 \cdot l_1 + \frac{M_{1A} - M_{1B}}{l_1} = \frac{1}{2} \cdot 0,432 \cdot 10,00 - \frac{1,555 + 4,126}{10,00} = 2,16 - 0,257 = 1,903 \text{ t.}$$

$$Q_{1B} = -2,16 - 0,257 = -2,417 \text{ t.}$$

$$Q_{2B} = \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot 8,0 - \frac{-3,477 + 0,763}{8,00} = 1,44 + 0,339 = +1,779 \text{ t.}$$

$$Q_{2C} = -1,44 + 0,339 = -1,101 \text{ t.}$$

$$Q_D = Q_{3A} = \frac{M_D - M_{3A}}{h_3} = \frac{0,693 + 1,555}{8,00} = +0,281 \text{ t.}$$

$$Q_E = Q_{4B} = \frac{-0,409 - 0,650}{8,00} = -0,132 \text{ t.}$$

$$Q_F = Q_{5C} = \frac{-0,425 - 0,763}{8,00} = -0,149 \text{ t.}$$

### Sily normalne

$$N_1 = -Q_{3A} = 0,281 \text{ t (ciśnienie)}$$

$$N_2 = -Q_{5C} = 0,149 \text{ t (ciśnienie)}$$

$$N_3 = -Q_{1A} = 1,903 \text{ t (ciśnienie)}$$

$$N_4 = -(Q_{1B} + Q_{2B}) = 4,196 \text{ t (ciśnienie)}$$

$$N_5 = -Q_{2C} = 1,101 \text{ t (ciśnienie)}$$

### II. Obciążenia skupione

Obliczenie momentów ramy pod obciążeniami skupionymi nie nasuwa obecnie żadnych trudności. Na podstawie Tabeli I zestawiono i obliczono wszystkie momenty w Tabeli II.

### Sily poprzeczne

$$Q_{1A} = 4,675 - \frac{-4,512 + 12,642}{10} = 4,675 - 0,813 = 3,862 \text{ t.}$$

$$Q_{1B} = -4,675 - 0,813 = -5,488 \text{ t.}$$

$$Q_{2B} = 3,725 - \frac{-11,132 + 2,608}{8,00} = 3,725 + 1,065 = +4,790 \text{ t.}$$

$$Q_{2C} = -3,725 + 1,065 = -2,660 \text{ t.}$$

$$Q_D = Q_{3A} = \frac{2,022 + 4,512}{8,00} = +0,817 \text{ t.}$$

$$Q_E = Q_{4B} = \frac{-0,987 - 1,51}{8,00} = -0,312 \text{ t.}$$

$$Q_F = Q_{5C} = \frac{-1,422 - 2,608}{8,00} = -0,505 \text{ t.}$$

### Sily normalne

$$N_1 = -Q_{3A} = 0,817 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_2 = -Q_{5C} = 0,504 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_3 = -Q_{1A} = 3,862 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_4 = -(Q_{1B} + Q_{2B}) = 10,278 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_5 = -Q_{2C} = 2,608 \text{ t (ciśn.)}$$

### III. Obciążenie słupa $h_3$

W tabeli III zestawiono momenty występujące pod obciążeniem słupa  $h_3$  (obc. jednostajne poziome) analogicznie, jak w tabeli I i w oparciu o współczynniki w tej tabeli podane. Współczynniki  $\alpha$  obliczono według równania 21.

### Sily poprzeczne

$$Q_D = \frac{1}{2} \cdot w \cdot h_3 + \frac{M_D - M_{3A}}{h_3} = + \frac{1}{2} \cdot 0,0375 \cdot 8,0 + \frac{-0,468 - 0,063}{8,0} = 0,15 - 0,066 = -0,084 \text{ t.}$$

$$Q_{3A} = -0,15 - 0,066 = -0,216 \text{ t.}$$

$$Q_E = \frac{M_E - M_{4B}}{h_4} = \frac{-0,239 - 0,205}{8,00} = -0,056 \text{ t} = Q_{4B}$$

Tabela I. Zestawienie momentów pod obciążeniem jednostajnym w  $l_1$  i  $l_2$ 

$$h_{01} = \frac{3 R_1}{l_1} = 5,4 \text{ tm}; \quad h_{02} = \frac{3 R_2}{l_2} = 2,88 \text{ tm}.$$

| Momenty  | Momenty w/g obliczenia I (naroża stałe)                                      |    |   | Momenty w/g<br>obl. II (dodatkowe)<br>$M^* \cdot H$<br>tm | Momenty<br>sumaryczne<br>I + II tm |          |
|----------|--|----|---|---|------------------------------------|----------|
|          | obciążenia w   |    |   |   |                                    |          |
|          | $l_1$  | tm | $l_2$   |   |                                    | tm       |
| $M_D$    | $-0,5 \cdot M_{3A}$<br>$0,5 \cdot 1,96 = +0,980$                             |    | $-0,5 \cdot M_{3A}$<br>$-0,5 \cdot 0,299 = -0,150$            | $+0,830$  | $-1,637 \cdot 0,0836 = -0,137$     | $+0,693$ |
| $M_{3A}$ | $-1,960$   |    | $+0,299$  | $-1,661$  | $+1,268 \cdot 0,0836 = +0,106$     | $-1,555$ |
| $M_{1A}$ | $-\alpha_{1A} \cdot h_{01}$<br>$-0,363 \cdot 5,40 = -1,960$                  |    | $-\delta_{1A} \cdot M_{1B}$<br>$+0,2455 \cdot 1,217 = +0,299$ | $-1,661$  | $+0,106$                           | $-1,555$ |
| $M_{1B}$ | $-\alpha_{1B} \cdot h_{01}$<br>$0,523 \cdot 5,40 = -2,825$                   |    | $\gamma_{2-1} \cdot M_{2B}$<br>$-0,542 \cdot 2,245 = -1,217$  | $-4,042$  | $-1,006 \cdot 0,0836 = -0,084$     | $-4,126$ |
| $M_{4B}$ | $-\gamma_{1-4} \cdot M_{1B}$<br>$0,545 \cdot 2,825 = +1,540$                 |    | $\gamma_{2-4} \cdot M_{2B}$<br>$-0,458 \cdot 2,245 = -1,028$  | $+0,512$  | $+1,646 \cdot 0,0836 = +0,138$     | $+0,650$ |
| $M_E$    | $-0,5 \cdot M_{4B}$<br>$-0,5 \cdot 1,54 = -0,770$                            |    | $-0,5 \cdot M_{4B}$<br>$0,5 \cdot 1,028 = +0,514$             | $-0,256$  | $-1,826 \cdot 0,0836 = +0,153$     | $-0,409$ |
| $M_{2B}$ | $\gamma_{12} \cdot M_{1B}$<br>$-0,455 \cdot 2,825 = -1,285$                  |    | $-\alpha_{2B} \cdot h_{02}$<br>$-0,779 \cdot 2,88 = -2,245$   | $-3,530$  | $+0,639 \cdot 0,0836 = +0,053$     | $-3,477$ |
| $M_{2C}$ | $-\delta_{2C} \cdot M_{2B}$<br>$0,203 \cdot 1,285 = +0,261$                  |    | $-\alpha_{2C} \cdot h_{02}$<br>$0,334 \cdot 2,88 = -0,962$    | $-0,701$  | $-0,740 \cdot 0,0836 = -0,062$     | $-0,763$ |
| $M_{5C}$ | $-0,261$   |    | $+0,962$  | $+0,701$  | $+0,062$                           | $+0,763$ |
| $M_F$    | $-0,5 \cdot M_{5C}$<br>$+0,5 \cdot 0,261 = +0,13$                            |    | $-0,5 \cdot M_{5C}$<br>$-0,5 \cdot 0,962 = -0,481$            | $-0,351$  | $-0,883 \cdot 0,0836 = -0,074$     | $-0,425$ |
| $Q_{3A}$ | $\frac{M_{3A} - M_D}{h_3} = \frac{-1,661 - 0,830}{8,00} = -0,3110 \text{ t}$ |    |   |   |                                    |          |
| $Q_{4B}$ | $\frac{M_{4B} - M_E}{h_4} = \frac{+0,512 + 0,256}{8,00} = +0,0960 \text{ t}$ |    |   |   |                                    |          |
| $Q_{5C}$ | $\frac{M_{5C} - M_F}{h_5} = \frac{+0,701 + 0,350}{8,00} = +0,1314 \text{ t}$ |    |   |   |                                    |          |
|          | razem $V = -0,0836 \text{ t}$  |    |   |   |                                    |          |
|          | <b><math>H = -V = +0,0836 \text{ t}</math></b>                               |    |   |   |                                    |          |

Tabela II. Zestawienie momentów pod obciążeniem skupionym w  $l_1$  i  $l_2$ 

$$\frac{3 R_1}{l_1} = 15,96 \text{ tm.}$$

$$\frac{3 R_2}{l_2} = 9,60 \text{ tm.}$$

| Momenty  | Momenty w/g obliczenia I w tm. (naroża stałe)                                    |  |            | Momenty w/g obliczenia II (dodatkowe) $M^* \cdot H$ w tm. | Momenty sumaryczne ramy I + II tm. |
|----------|--|--|------------|---|------------------------------------|
|          | obciążenia   |  | Suma w tm. |   |                                    |
|          | w $l_1$  | w $l_2$  |            |   |                                    |
| $M_D$    | (+)<br>$0,5 \cdot 5,80 = 2,90$   | (-)<br>$0,50$                                      | + 2,40     | (-)<br>$1,637 \cdot 0,231 = 0,378$                        | + 2,022                            |
| $M_{3A}$ | (-)<br>$5,80$  | (+)<br>$0,995$                                     | - 4,805    | (+)<br>$1,268 \cdot 0,231 = 0,293$                        | - 4,512                            |
| $M_{1A}$ | (-)<br><b><math>0,363 \cdot 15,96 = 5,80</math></b>                              | (+)<br>$0,2455 \cdot 4,06 = 0,995$                 | - 4,805    | (+)<br>$0,293$  | - 4,512                            |
| $M_{1B}$ | (-)<br><b><math>0,523 \cdot 15,96 = 8,35</math></b>                              | (-)<br>$0,542 \cdot 7,48 = 4,06$                   | - 12,41    | (-)<br>$1,006 \cdot 0,231 = 0,232$                        | - 12,642                           |
| $M_{4B}$ | (+)<br>$0,545 \cdot 8,35 = 4,55$   | (-)<br>$0,458 \cdot 7,48 = 3,43$                   | + 1,13     | (+)<br>$1,646 \cdot 0,231 = 0,380$                        | + 1,510                            |
| $M_E$    | (-)<br>$0,5 \cdot 4,55 = 2,275$  | (+)<br>$0,5 \cdot 3,42 = 1,71$                     | - 0,565    | (-)<br>$1,826 \cdot 0,231 = 0,422$                        | - 0,987                            |
| $M_{2B}$ | (-)<br>$0,455 \cdot 8,35 = 3,80$   | (-)<br><b><math>0,779 \cdot 9,60 = 7,48</math></b> | - 11,28    | (+)<br>$0,639 \cdot 0,231 = 0,148$                        | - 11,132                           |
| $M_{2C}$ | (+)<br>$0,203 \cdot 3,80 = 0,773$  | (-)<br><b><math>0,334 \cdot 9,60 = 3,21</math></b> | - 2,437    | (-)<br>$0,740 \cdot 0,231 = 0,171$                        | - 2,608                            |
| $M_{5C}$ | (-)<br>$0,773$   | (+)<br>$3,21$                                      | + 2,437    | (+)<br>$0,171$  | + 2,608                            |
| $M_F$    | (+)<br>$0,5 \cdot 0,773 = 0,386$   | (-)<br>$1,605$                                     | - 1,218    | (-)<br>$0,883 \cdot 0,231 = 0,204$                        | - 1,422                            |
| $Q_{3A}$ | $\frac{M_{3A} - M_D}{h_3} = \frac{- 4,805 - 2,400}{8,00} = - 0,900 \text{ t}$    |  |            |   |                                    |
| $Q_{4B}$ | $\frac{M_{4B} - M_E}{h_4} = \frac{+ 1,13 \cdot 0,565}{8,00} = + 0,212 \text{ t}$ |  |            |   |                                    |
| $Q_{5C}$ | $\frac{M_{5C} - M_F}{h_5} = \frac{+ 2,437 + 1,218}{8,00} = + 0,457 \text{ t}$    |  |            |   |                                    |
|          | razem $V = - 0,231 \text{ t}$  |  |            |   |                                    |
|          | <b><math>H = - V = + 0,231 \text{ t}</math></b>                                  |  |            |   |                                    |

$$Q_F = Q_{5C} = \frac{M_F - M_{5C}}{h_5} = \frac{-0,122 - 0,104}{8,00} = -0,028 \text{ t.}$$

$$Q_{1A} = \frac{M_{1B} - M_{1A}}{l_1} = \frac{-0,102 - 0,069}{10,0} = -0,017 \text{ t} = Q_{1B}$$

$$Q_{2B} = Q_{2C} = \frac{M_{2C} - M_{2B}}{l_2} = \frac{-0,104 - 0,103}{8,00} = -0,026 \text{ t.}$$

#### Sily osiowe

$$N_1 = -Q_{5C} - Q_{4B} = 0,028 + 0,056 = 0,084 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_2 = -Q_{5C} = +0,028 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_3 = -Q_{1A} = +0,017 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_4 = -Q_{1B} - Q_{2B} = +0,017 + 0,026 = +0,043 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_5 = -Q_{2C} = +0,026 \text{ t (ciśn.)}$$

#### IV. Wpływ temperatury

Zakładamy podniesienie temperatury o  $15^\circ\text{C}$ . Ponieważ rama jest asymetryczna i nie możemy wyznaczyć punktu pozostającego w położeniu niezmiennym, zakładamy pomyślaną podporę w narożu B i przeprowadzamy obliczenie I, następnie obliczenie II, analogicznie, jak przy obciążeniach zewnętrznych.

##### Obliczenie I.

Przy przyjęciu  $\alpha = 0,000012$  wydłuża się na skutek podniesienia temperatury o  $t = 15^\circ\text{C}$  pręt  $l_1$  na lewo o wartość  $\Delta A$  (równ. 30)  $\Delta A = -\alpha t \cdot l_1 = -0,000012 \cdot 15 \cdot 10,00 = -0,0018 \text{ m}$ , a naroże C o  $\Delta C$  na prawo (znak plus)

$$\Delta C = +\alpha t l_2 = -0,000012 \cdot 15 \cdot 8,00 = +0,00144 \text{ m.}$$

Pręty  $l_1$  i  $l_2$  nie doznają żadnych przesunięć względem siebie, a to dzięki równej wysokości słupów  $h_3, h_4,$  i  $h_5$  (powstaje tylko równoległe przesunięcie ku górze prętów  $l_1$  i  $l_2$ ).

Momenty wywołane przesunięciem o  $\Delta A$  obliczamy z równań 28 (zupelne utwierdzenie podstawy słupów)

$$M_{3A} = -\frac{6EJ_3 \cdot \Delta A}{h_3^2} \cdot \frac{3U_{3A}}{3U_{3A} + 4} = -\frac{6 \cdot 2100000 \cdot 0,003125 \cdot 0,0018}{8,00^2} \cdot \frac{3 \cdot 1,645}{3 \cdot 1,645 + 4} = -1,107 \cdot \frac{4,935}{8,935} = -0,612 \text{ tm.}$$

Ponieważ mamy obliczone momenty  $M^0$  przy przesunięciu na prawo naroża A o wartość  $\Delta = 0,01 \text{ m}$ , więc wszystkie momenty dla przesunięcia  $\Delta A = -0,0018 \text{ m}$  otrzymamy z obliczonych poprzednio momentów  $M^0$  np.

$$M_{3A} = -M^0 \cdot \frac{0,0018}{0,01} = -0,18 M^0$$

a więc przez pomnożenie przez współczynnik  $-0,18$ . W ten sposób otrzymamy wszystkie momenty występujące pod  $\Delta A = -0,018 \text{ m}$ . Momenty te podano w pierwszej kolumnie tabeli IV.

Analogicznie obliczono momenty występujące w ramie na skutek przesunięcia naroża C (t. j. głowicy słupa  $h_5$ ) na prawo o wartość  $\Delta C = +0,00144$  przez pomnożenie momentów  $M^0$  występujących pod przesunięciem głowicy słupa  $h_5$  na prawo o  $\Delta = 0,01 \text{ m}$  przez stosunek

$$\frac{0,0014}{0,01} = 0,144$$

Wartości tych momentów podano w tabeli IV.

#### Sily poprzeczne

We wszystkich przekrojach  $l_1$

$$Q_{1A} = \frac{0,123 + 0,488}{10} = +0,061 \text{ t}$$

$$\text{We wszystkich przekrojach } l_2; Q_{2B} = \frac{-0,389 - 0,258}{8,00} = -0,081 \text{ t.}$$

$$\text{We wszystkich przekrojach } h_3; Q_D = \frac{0,688 + 0,488}{8,00} = +0,147 \text{ t.}$$

$$\text{We wszystkich przekrojach } h_4; Q_E = \frac{-0,177 - 0,135}{8,00} = -0,039 \text{ t.}$$

$$\text{We wszystkich przekrojach } h_5; Q_F = \frac{-0,477 - 0,389}{8,00} = -0,108 \text{ t.}$$

#### Sily osiowe

$$N_1 = 0,147 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_2 = 0,147 - 0,039 = 0,108 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_3 = 0,061 \text{ t (ciśn.)}$$

$$N_4 = 0,061 + 0,081 = 0,142 \text{ t}$$

$$N_5 = 0,081 \text{ t (ciśn.)}$$

Tabela III. Zestawienie momentów pod obciążeniem jednostajnym „w” słupa h,

$$\frac{3 R_3}{h_3} = 0,30 \text{ tm} \quad \alpha_{3B} = \frac{2 U_{3B}}{3 U_{3B} + 4} = \frac{2 \cdot 1,645}{3 \cdot 1,645 + 4} = 0,368$$

$$\alpha_D = \frac{2 U_B + 4}{3 U_B + 4} = 0,816$$

| Momenty  | Momenty w/g obl I<br>(naroża stałe)<br>tm.   | Momenty w/g obl. II<br>(dodatkowe)<br>$M^* \cdot H$<br>tm. | Momenty<br>sumaryczne ramy<br>I + II<br>tm. |
|----------|--|--|---|
| $M_D$    | (-)<br><b><math>0,816 \cdot 0,30 = 0,245</math></b>  | (-)<br>$1,637 \cdot 0,1361 = 0,223$                        | - 0,468                                     |
| $M_{3A}$ | (-)<br><b><math>0,368 \cdot 0,30 = 0,110</math></b>  | (+)<br>$1,268 \cdot 0,1361 = 0,173$                        | + 0,063                                     |
| $M_{1A}$ | (-)<br>0,110   | (+)<br>0,173   | + 0,069                                     |
| $M_{1B}$ | $-\delta_{1B} \cdot M_{1A}$ (+)<br>$0,3195 \cdot 0,110 = 0,035$  | (-)<br>$1,006 \cdot 0,1361 = 0,137$                        | - 0,102                                     |
| $M_{4B}$ | (-)<br>$0,545 \cdot 0,0351 = 0,019$  | (+)<br>$1,646 \cdot 0,1361 = 0,224$                        | + 0,205                                     |
| $M_E$    | (+)<br>$0,5 \cdot 0,0191 = 0,0096$   | (-)<br>$1,826 \cdot 0,1361 = 0,249$                        | - 0,239                                     |
| $M_{2B}$ | (+)<br>$0,455 \cdot 0,0351 = 0,0160$   | (+)<br>$0,639 \cdot 0,1361 = 0,087$                        | + 0,103                                     |
| $M_{2C}$ | (-)<br>$0,203 \cdot 0,016 = 0,0032$  | (-)<br>$0,740 \cdot 0,1361 = 0,101$                        | - 0,104                                     |
| $M_{5C}$ | (+)<br>0,0032  | (+)<br>0,101   | + 0,104                                     |
| $M_F$    | (-)<br>$0,5 \cdot 0,0032 = 0,0016$   | (-)<br>$0,883 \cdot 0,1361 = 0,120$                        | - 0,122                                     |
| $Q_{3A}$ | $Q_0 + \frac{M_{3A} - M_D}{h_3} = - \frac{0,0375 \cdot 8,00}{2} + \frac{- 0,110 + 0,245}{8,00} = - 0,1331 \text{ t}$ |  |   |
| $Q_{4B}$ | $\frac{M_{4B} - M_E}{h_4} = \frac{- 0,0191 - 0,0096}{8,00} = - 0,0036 \text{ t}$                                     |  |   |
| $Q_{5C}$ | $\frac{M_{5C} - M_F}{h_5} = \frac{+ 0,0032 + 0,0016}{8,00} = + 0,0006 \text{ t}$                                     |  |   |
|          | razem V = - 0,1361 t   |  |   |
|          | <b>H = + 0,1361 t</b>  |  |   |

Tabela IV. Zestawienie momentów wywołane podwyższeniem temperatury o + 15° C.

| Momenty  | Momenty w/g obliczenia I w tm.                                      |   |                                  | Momenty w/g obl. II (dodatkowe) $M^* \cdot H$ tm. | Momenty sumaryczne ramy I + II tm. |
|----------|---|---|----------------------------------|---|------------------------------------|
|          | Przesunięcie naroża A o $\Delta A = -0,0018$ m.                     | Przesunięcie naroża C o wartość $\Delta C = +0,00144$ | Suma $\Delta A + \Delta C$ w tm. |   |                                    |
| $M_D$    | $-0,18 \cdot (-4,777) = +0,860$                                     | $0,144 \cdot 0,05 = +0,007$                           | + 0,867                          | (-)<br>$1,637 \cdot 0,109 = 0,179$                | + 0,688                            |
| $M_{3A}$ | $-0,18 \cdot 3,399 = -0,612$  | $0,144 \cdot (-0,100) = -0,014$                       | - 0,626                          | (+)<br>$1,268 \cdot 0,109 = 0,138$                | - 0,488                            |
| $M_{1A}$ | - 0,612   | - 0,014   | - 0,626                          | (+)<br>0,138                                      | - 0,488                            |
| $M_{1B}$ | $-0,18 \cdot (-1,087) = +0,174$                                     | $0,144 \cdot 0,408 = +0,059$                          | + 0,233                          | (+)<br>$1,006 \cdot 0,109 = 0,110$                | + 0,123                            |
| $M_{4B}$ | $-0,18 \cdot 0,592 = -0,095$  | $0,144 \cdot 0,345 = +0,050$                          | - 0,045                          | (+)<br>$1,646 \cdot 0,109 = 0,180$                | + 0,135                            |
| $M_E$    | $-0,18 \cdot (-0,296) = +0,047$                                     | $0,144 \cdot (-0,172) = -0,025$                       | + 0,022                          | (-)<br>$1,826 \cdot 0,109 = 0,199$                | - 0,177                            |
| $M_{2B}$ | $-0,18 \cdot (-0,495) = +0,079$                                     | $0,144 \cdot 0,753 = +0,109$                          | + 0,188                          | (+)<br>$0,639 \cdot 0,109 = 0,070$                | + 0,258                            |
| $M_{2C}$ | $-0,18 \cdot 0,101 = -0,016$  | $0,144 \cdot (-2,024) = -0,292$                       | - 0,308                          | (-)<br>$0,740 \cdot 0,109 = 0,081$                | - 0,389                            |
| $M_{5C}$ | + 0,016   | + 0,292   | + 0,308                          | (+)<br>0,081                                      | + 0,389                            |
| $M_F$    | $-0,18 \cdot 0,05 = -0,008$   | $0,144 \cdot (-2,587) = -0,373$                       | - 0,381                          | (-)<br>$0,883 \cdot 0,109 = 0,096$                | - 0,477                            |
| $Q_{3A}$ | $\frac{M_{3A} - M_D}{h_3} = \frac{-0,626 - 0,867}{8,00} = -0,187$ t |   |                                  |   |                                    |
| $Q_{4B}$ | $\frac{M_{4B} - M_E}{h_4} = \frac{-0,045 - 0,022}{8,00} = -0,008$ t |   |                                  |   |                                    |
| $Q_{5C}$ | $\frac{M_{5C} - M_F}{h_5} = \frac{+0,308 + 0,381}{8,00} = +0,086$ t |   |                                  |   |                                    |
|          | razem $V_t = -0,109$ t  |   |                                  |   |                                    |
|          | $H_t = -V_t = +0,109$ t   |   |                                  |   |                                    |

## V. Momenty sumaryczne ramy

W tabeli V zestawiono sumaryczne momenty ramy konieczne dla dobrania przekrojów poszczególnych prętów

Tabela V. Zestawienie sumaryczne momentów ramy

| Rodzaje obciążeń                       | Momenty w tm. |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | $M_D$         | $M_{3A}$    | $M_{1A}$    | $M_{1B}$    | $M_{4B}$    | $M_E$       | $M_{2B}$    | $M_{2C}$    | $M_{5C}$    | $M_F$       |
| Obciążenie $g_1 + g_2$                 | + 0,693       | - 1,555     | - 1,555     | - 4,126     | + 0,650     | - 0,409     | - 3,477     | - 0,763     | + 0,763     | - 0,425     |
| Obciążenie skupione w $l_1$ i $l_2$    | + 2,022       | - 4,512     | - 4,512     | - 12,642    | + 1,510     | - 0,987     | - 11,132    | - 2,608     | + 2,608     | - 1,422     |
| Obciążenie poziome słupa $h_3$         | - 0,468       | + 0,063     | + 0,069     | - 0,102     | + 0,205     | - 0,239     | + 0,103     | - 0,104     | + 0,104     | - 0,122     |
| Wpływ temperatury ( $\pm 15^\circ C$ ) | $\pm 0,688$   | $\mp 0,488$ | $\mp 0,488$ | $\pm 0,123$ | $\pm 0,135$ | $\mp 0,177$ | $\pm 0,258$ | $\mp 0,389$ | $\pm 0,389$ | $\mp 0,477$ |
| Maksym. momenty                        | + 3,403       | - 6,555     | - 6,555     | - 16,993    | + 2,500     | - 1,812     | - 14,867    | - 3,864     | + 3,864     | - 2,446     |

## KRONIKA TECHNICZNA

Z początkiem roku 1948 czasopismo nasze wyda specjalny zeszyt poświęcony uczczeniu sławnego w całym świecie matematyka ś. p. prof. Zaremby. Zeszyt ten będzie zawierał artykuły z matematyki stosowanej z dziedziny fizyki, mechaniki i inżynierii. Jak bowiem wiadomo prof. Zaremba był nie tylko matematykiem teoretycznym, lecz sporo pracy poświęcił matematyce stosowanej. Pojedyncze prace (nie większe jak 10 str. maszynopisma) muszą być oryginalne, — przy czym należy przysłać krótkie streszczenie pracy w języku francuskim albo angielskim do dnia 20-tego grudnia 1947 do zakładu Górnictwo II przy Akademii Górniczej w Krakowie.

Międzynarodowy Kongres dla budowy mostów i konstrukcji lądowych (Association Internationale des ponts et charpentes), ma być zorganizowany w pierwszej połowie września roku 1948 w Liege Belgia. Mimo, że termin zgłaszania referatów wzgl. publikacji na kongres już się skończył, możliwe jest zgło-

sić prace oryginalne jeszcze teraz. Bliższe informacje w sprawie zagadnień przewidzianych do programu zjazdu i problemów którymi się będzie zajmował, jak również informacje dotyczące samej organizacji zjazdu można zasięgnąć w Zakładzie Górnictwo II przy Akademii Górniczej w Krakowie.

Drugi Międzynarodowy Kongres Mechaniki Gruntu w Rotterdamie od 21 do 30 czerwca 1948 (Second International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. — Rotterdam) Rząd holenderski urządza kongres wyżej wymieniony w Rotterdamie pod przewodnictwem prof. K. Terzaghi'ego i prof. A. Casagrade obaj profesorowie Harvard University w Cambridge U. S. A. Kongres ten zapowiada się bardzo interesująco. Bliższe informacje co do programu Zjazdu, zgłoszenia publikacji i w sprawie udziału osobistego w Zjeździe można uzyskać w Zakładzie Górnictwa II przy Akademii Górniczej w Krakowie.

Wydawca: Krakowskie Towarzystwo Techniczne — Kraków, Straszewskiego 28. — Redakcja: Komisja Wydawnicza Adres Redakcji i Administracji: Kraków, Straszewskiego 28. — Red. odp.: Inż. Br. Kopyciński, tel. 538-82. Prenumeratę przyjmują: Krakowskie Tow. Techniczne Kraków, Straszewskiego 28 Konto PKO Nr IV-1140 i Księgarnia St. Kamiński Kraków — Podwale 6 Konto PKO Nr IV-638.

Cena numeru podwójnego Zł 60. Prenumerata kwartalna Zł 80.

Ceny ogłoszeń: Cała strona Zł 5.000,  $\frac{1}{2}$  strony Zł 3.000,  $\frac{1}{4}$  strony Zł 1.800,  $\frac{1}{8}$  strony Zł 1.000,  $\frac{1}{16}$  strony Zł 650. Tytułowa strona okładki Zł 7.500,  $\frac{1}{2}$  tytułowej strony okładki Zł 4.000. — Bezpośrednio przed i za tekstem oraz ostatnia strona okładki o 50% więcej od zwyczajnych. Drobne ogłoszenia za wiersz jednolamowy petitowy Zł 120.