mym szkodliwe. Obroną być może zapobieganie przenikaniu niszczących czynników w głąb betonu, a więc uszczelnienie jego porów, bądź przez zwiększenie ilości gelu krzemionkowego przez dodatek puzzolany trasu, bądź też przez inne środki.

Bardzo ciekawą metodę podał prof. *Kühl*. Polega ona nie na powierzchniowym działaniu szkodliwym roztworem, a na przesączaniu go przez próbkę betonu. W ten sposób zostaje uwzględniony w wyniku wspomniany czynnik — szczelność. Nadto szereg prac prowadzonych zajmuje się próbami skróconymi, któreby w krótkim czasie dały obraz działania danego roztworu na beton.

Badania dr *Steopoe* rzuciły dużo nowego światła na zagadnienie działania wody morskiej, jednakże omówienie tych spraw wykroczyłoby znacznie poza ramy niniejszego sprawozdania. Z głosów w dyskusji ciekawe były próby prof. *Kallaunera* (Brno) stwierdzające, że korozja postępuje z szybkością, wynikającą z prawa Ficka, oraz wnioski, dotyczące usystematyzowania tej rozległej i różnorodnej dziedziny, jaką jest badanie wpływów chemicznych na beton.

Tak w kilku słowach przedstawiały się obrady Kongresu w części poświęconej cementowi. Opuszczaliśmy Londyn z tym przeświadczeniem, że jeszcze wielu badaczom przez długi czas nie zabraknie materiału do prac, które poruszone tam zagadnienia wyjaśnią i ustalą w sposób ostateczny.

BETONOWE USTROJE PRĘTOWE

Prof. Leon Karasiński, Warszawa

Chcę uzupełnić swój wykład [1]) płaskich ustrojów prętowych, nie będę więc powtarzał wszystkich określeń; krótko przytoczę, co najważniejsze, a wzory (*5 — 10*), dla różnorodnych konturów tam wyprowadzone, oznaczę jednokształtnie:

$$K_i = O \qquad (i = 1, 2, \dots h) \quad . \; . \; . \quad (a)$$

W płaszczyźnie głównej ustroju leżą osie jego prętów, zbiegające się w punktach węzłowych. Węzeł przegubowy *wp* — łączy wspólną osią przeguby prętów (rys. *c*) obrotowo od siebie niezależnych. Dodatkowe sztywne złącze dwóch (rys. *d*), trzech (rys. *e*), lub nawet wszystkich (rys. *f*) prętów współprzegubowych daje węzeł sztywny *ws* o jednym złączu, co najmniej dwuprętowym.

Stąd — pręty dwuprzegubowe *pp*, obustronnie na węzłach łączone przegubowo, — jednoprzegubowe *ps*, wiązane sztywnym złączem na jednym węźle, na drugim — przegubowo, wreszcie — bezprzegubowe *ss* — obustronnie na węzłach wiązane sztywnymi złączami.

Węzeł, wsparty posuwnie, lub przegubowo, tworzy podporę posuwną *r*, lub przegubową *p*. Unieruchomiony — stanowi podporę stałą *s*. Obciążenie zewnętrzne płaskiego ustroju prętowego, złożone z sił w płaszczyźnie głównej i prostopadłych do niej momentów — wzbudza:

$$(o) = (r) + 2\,(p) + 3\,(s)$$

odporów, w tym:

$$(o) - 3$$

nie wyznaczalnych statycznie.

Ogólną ilość hyperstatycznych:

$$H_i \qquad (i = 1, 2, \dots h)$$

odporów i prętowych współoddziaływań na węzłach ustroju wyraziłem [2]) nader prostym wzorem:

$$(h) = (pp) + 2\,(ps) + 3\,(ss) + (o) - {}$$
$$- 2\,(wp) - 3\,(ws) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (b)$$

gdzie, jak poprzednio — nawias — oznacza ilość.

Wzór *(b)* zawodzi tylko w szczególnym przypadku miejscowej chwiejności, nie spotykanej w betonowych ustrojach prętowych. Lepiej więc ufać mu, niż polegać na wrodzonym poczuciu budowlanym, nie zawsze zresztą pewnym.

Ilokrotność hyperstatyczności ustroju jest jego swoistą cechą, od sił zewnętrznych niezależną i niezmienną pomimo zerowych wielkości tych, lub owych H_i, pojawiających się przy symetrii obciążenia.

Wszystkie hyperstatyczne wyznaczę z układu tyluż równań, liniowych co do H_i; te równania zaś otrzymam, stosując wzory *(a)* do właściwych konturów celowo wyodrębnionych z ustroju.

Konturem bezprzegubowym *ss*, dwuprzegubowym *pp*, lub — jednoprzegubowym *ps* nazywam nieprzerwany ciąg prętów *ss*, zakończony obustronnie prętami *ss*, przegubami, lub — jednostronnie — przegubem.

1. Następczość w postępowaniu jest zawsze jednaka. Dano układ prętowych osi w płaszczyźnie głównej betonowego ustroju. Obieram w niej prostokątne osie *OX*, *OY* tak, aby na nich leżało jak najwięcej punktów węzłowych, zwłaszcza podpartych lub unieruchomionych. To wydatnie skraca wzory.

Przy płaszczyźnie głównej, zazwyczaj pionowej, oś *OX* prowadzę zwrotem *(x)* w prawo przez dolne punkty podparcia ustroju, a drugą oś *OY* — pionowym zwrotem *(y)* do góry przez skrajne lewe jego punkty węzłowe. Osie te są lewoskrętne: zwrot *(y)* otrzymam prostokątnym skrętem *(o)* zwrotu *(x)* — sprzecznym zegarowemu.

Osiowy zwrot *(x)*, lub *(y)* cechuje dodatnie składowe sił zewnętrznych i odporowych; osiowy skręt *(o)* — dodatnie, prostopadłe do płaszczyzny głównej momenty, zewnętrzne i odporowe. Stąd — zastrzeżenia co do równowagi całego ustroju:

$$R_i = o, \qquad (i = 1, 2, 3) \quad . \; . \; . \; . \quad (c)$$

liniowe względem wszystkich jego odporów.

Równania *(c)* służą do wyróżniania hyperstatycznych zewnętrznych ustroju:

$$H^i \qquad (i = 1, 2, \dots e, e < h)$$

byłoby więc groźnym błędem przypisać hyperstatyczność — trzem jednoimiennym odporom ustroju (rys. *b*) — wobec jednej izostatycznej odpory jego. Ustrój (rys. *h*) ma trzy izostatyczne odpory: dwa pionowe i jeden poziomy. Tutaj:

$$(e) = 2\,(m + 1) - 3 = 2\,m - 1$$

Ogólną ilość hyperstatycznych da mi wzór *(b)*. Ustrój (rys. *b*) ma piętnaście prętów *ss*, dziewięć odporów i dwa-

[1]) Cement z 1936 r. str. 62. Pierwotne, szersze ujęcie w Przeglądzie Technicznym z 1935 r. na str. 489, 545 i z 1936 r. na str. 77.

[2]) Przegląd Techniczny z 1925 r. str. 57. A jednak, przed paru laty, na Zjeździe przedstawiono ustrój (rys. *b*), jako hyperstatyczny dwunastokrotnie i nikt, o zgrozo, temu nie zaprzeczył!

naście węzłów ws, jest przeto $3 \, . \, 15 + 9 - 3 \, . \, 12 = 18$ krotnie hyperstatyczny. Ustrój (rys. h) ma:

— $(m + 1)$ prętów dolnych ps pionowych,

— mn prętów ss poziomych, $(m + 1)$ $(n - 1)$ pionowych,

— $(m + 1)$ podpór p i tyleż dolnych węzłów przegubowych wp,

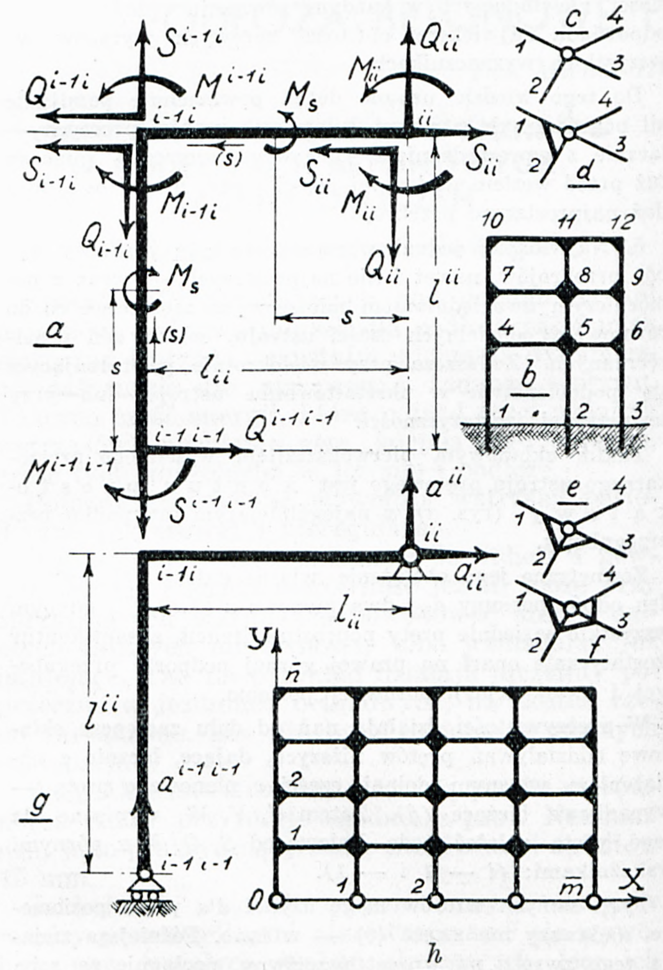
— $(m + 1)n$ węzłów sztywnych ws, ma więc:

$$(h) = 2 \, (m + 1) + 3 \, [mn + (m + 1) \, (n - 1)] + 2 \, (m + 1) - 2 \, (m + 1) - 3 \, (m + 1)n = 3 \, mn - (m + 1)$$

hyperstatycznych, w tym:

$$(h - e) = 3 \, mn - (m + 1) - (2 \, m - 1) = 3 \, m \, (n - 1)$$

wewnętrznych.



Pręt jednowęzłowy, swobodnie sterczący z ustroju, stanowi jeno ramię dla sił zewnętrznych. Jego obciążenie zewnętrzne należy przeto sprowadzić do punktu węzłowego sztywnego złączenia tego pręta z ustrojem, a sam pręt, jako mu obcy — wyłączyć z rozważań.

2. Osiom istotnych, bo dwuwęzłowych prętów: pp, ps, ss ustroju należy ponadawać zwroty (s), przynależnie ich rosnącym odciętym, lub, przy niezmiennych odciętych — rosnącym rzędnym. Wszystkie więc ciągi poziome ustroju (rys. h) będą miały zwrot (x), a wszystkie słupy pionowe — zwrot (y).

W stosunku do obranego (s) wyznaczam dla każdego pręta ustroju wypadkowe: siłę osiową S, poprzeczną Q i moment gnący M t u ż p r z e d bieżącym punktem B jego osi, nie uwzględniając jednak skupionych w nim składowych.

Przy lewoskrętnych osiach OX, OY wypadkowa S dodatnia ma zwrot sprzeczny zwrotowi (s) osi pręta, a wypadkowa M dodatnia — skręt prawy, sprzeczny skrętowi (o) osi współrzędnych. Zwrot wypadkowej Q dodatniej otrzymam prostokątnym prawym skrętem zwrotu (s).

Chcąc wyznaczyć S, Q, M, prowadzę przekrój zamknięty przez ten punkt B, dzieląc cały ustrój na dwie części: pierwszą i drugą. Zwrot (s) wykracza z pierwszej i wkracza w drugą, zatem, w stosunku do zwrotu (s) pierwsza część leży przed punktem B, druga zaś — poza nim. Odrzucam tę drugą i zastępuję oddziaływanie jej na pozostałą składowymi przyłożonymi do punktów przecięcia prętowych osi ustroju.

Poprowadzony przekrój rozcina pręty, otacza podpory. Poczynając od każdego z tych podparć lub przecięć osiowych, coraz to zmierzam ku bieżącemu B nieprzerwanymi zwroty i sprowadzam do tego środka kolejno na owych drogach napotykane odpory, składowe zastępcze oddziaływania części odrzuconej i składowe obciążenia pozostałej, pilnie przy tym bacząc, aby ich nie pomijać i nie uwzględniać powtórnie.

Przekrój najprostszy odcina pierwszą część samego pręta — od węzła aż po obrany punkt bieżący B jego osi. Tak, (rys. a), na pionowym pręcie ss ustroju (rys. h), pomiędzy jego węzłami $(i - 1, i - 1)$, $(i - 1, i)$ — miejscowej rzędnej s przynależy osiowy punkt bieżący i tuż przed nim — wypadkowe: S_s, Q_s, M_s.

Przekrojem przez ten punkt poprowadzonym wycinam dolną część pręta aż po węzeł i zastępuję oddziaływanie tego odciętego węzła siłą osiową $S^{i-1 \, i-1}$, poprzeczną $Q_i^{-1 \, i-1}$ i momentem gnącym $M^{i-1 \, i-1}$, przy czym:

$$S_s = S^{i-1 \, i-1} - Y_s \, , \; Q_s = Q^{i-1 \, i-1} + X_s \, ,$$
$$M_s = M^{i-1 \, i-1} - Z_s \; . \; . \; . \; . \; . \quad (d)$$

gdzie przez X_s, Y_s, Z_s oznaczyłem wypadkową poziomą, pionową i wypadkowy moment lewoskrętny obciążenia zewnętrznego wyciętej części s pręta, aż do przekroju bieżącego — wyłącznie!

Tą drogą otrzymane najprostsze wzory (d) są jednak często niewygodne ze względu na zbyt wielki poczet składowych zastępczych. W tych razach trzeba celowo dobierać inne, bardziej złożone przekroje tak, aby ogólną ilość niewiadomych zastępczych składowych obniżyć do (h) hyperstatycznych ustroju. A wtedy już można rozpocząć wyodrębnianie konturów z ustroju.

3. W zastosowaniu do zamkniętego konturu ss wzorami (d) uzależnię jego wypadkowe bieżące: S, Q, M od zastępczych: S_o, Q_o, M_o osiowego punktu (x_o, y_o) zerowego, z góry na tym konturze obranego. Na te trzy hyperstatyczne konturu mam zawsze po trzy liniowe równania (6).

Nie przerywając prętów zamkniętego konturu ss, mogę związać dwa dowolne jego punkty osiowe k o n t u r e m ł ą c z ą c y m. Łączący kontur ss da nową trójcę hyperstatycznych, a zarazem, z podziału, wzamian jednego pierwotnego, — dwa zamknięte kontury ss. Stąd — sześć liniowych równań (6) dla tyluż hyperstatycznych wewnętrznych.

Łączący kontur ps wprowadza nowe dwie hyperstatyczne siły oddziaływania przegubowego i wyodrębnia dwa zamknięte kontury ps z pierwotnego. Mogę więc dla jednego z nich wypisać dwa liniowe równania (5), wyznaczające owe hyperstatyczne wewnętrzne.

Wreszcie, łączący kontur pp daje nową hyperstatyczną siłę oddziaływania na osi obu przegubów. Ta oś dzieli pierwotny kontur na dwa otwarte kontury ss, piszę więc dla jednego z nich i dla konturu pp, łączącego przeguby — dwa wzory (7). Stąd — wobec tożsamości ich stron lewych — jedno liniowe równanie dla owej hyperstatycznej wewnętrznej.

Wyodrębnianie z ustroju właściwych konturów zamkniętych da mi zawsze układ liniowych równań dla hyperstatycznych wewnętrznych. Zupełne, lub częściowe unieruchomienie podpartych węzłów ustroju stanowi o zerowej wartości składowych odkształceń w tych punktach podparcia, — lub o liniowej ich zależności od sprzeciwów podpór.

Zatem, przy należytym wyodrębnianiu z ustroju konturów otwartych, łączących jego punkty podparcia, otrzymam drugi układ liniowych równań — dla hyperstatycznych zewnętrznych.

Tak oto (rys. *b*) oba piętra ustroju dzielą się na cztery prostokątne kontury *ss* zamknięte. Piszę więc dla nich dwanaście równań *(6)*. Otwartym konturom *ss* prostokątnym: *(1452)*, *(2563)* obu pól parterowych — przynależą zerowe wartości W ze wzorów *(3)*, a więc — i zerowe wartości U, V ze wzorów *(4)*. Ogółem — osiemnaście liniowych równań dla tyluż hyperstatycznych ustroju.

Prostokątne obwody piętrowych pól (rys. *h*) wyodrębniają $m\ (n - 1)$ zamkniętych konturów *ss* z ustroju. Mam przeto dla nich $3\ m\ (n - 1)$ liniowych równań *(6)*. Prostokątne otwarte kontury *pp* pól parterowych, wsparte na sąsiednich podporach przegubowych mają przeguby nieruchome. Stąd — m liniowych równań *(7)*, sprowadzających się w obranym układzie osi współrzędnych do zerowych wartości U dla tych konturów.

Nadto, kontury dwóch sąsiednich pól parterowych o wspólnym pośrednim pręcie pionowym, tworzą k o n t u r z ł ą c z o n y, wsparty na trzech kolejnych podporach przegubowych: $(i - 1)$, (i), $(i + 1)$. Zatem ze wzoru *(8)* otrzymam jeszcze $(m - 1)$ liniowych równań:

$$(x_{i+1} - x_i)\ [V + x_{i-1}\ W]_{i-1\,i} -$$
$$- (x_i - x_{i-1})\ [V + x_{i+1}\ W]_{i\ i+1} = 0$$

ogółem więc będę miał:

$$3\ m\ (n - 1) + m + (m - 1) = 3\ mn - (m + 1)$$

liniowych równań dla tyluż hyperstatycznych ustroju.

4. Zawsze tedy mogę mieć układ *(h)* równań *(a)*, liniowych względem *(h)* hyperstatycznych ustroju. Wyróżnik tego układu:

$$D = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & \ldots & K_{1h} \\ K_{21} & K_{22} & \ldots & K_{2h} \\ - & - & - & - \\ K_{h1} & K_{h2} & \ldots & K_{hh} \end{vmatrix}$$

złożony z cząstkowych pochodnych:

$$K_{ij} = \frac{\partial\ K_i}{\partial\ H_j} \quad (i = 1, 2, \ldots\ h,\ j = 1, 2, \ldots\ h)$$

stałych, bo już od hyperstatycznych ustroju niezależnych, jest różny od zera w najogólniejszym przypadku.

Wolne wyrazy równań *(a)* oznaczam przez:

$$K_{io} \qquad (i = 1, 2, \ldots\ h)$$

i, zastępując w wyróżniku D wyrazy:

$$K_{1j},\ K_{2j},\ \ldots\ K_{hj}$$

słupa *j wyrazami:*

$$- K_{10},\ - K_{20},\ \ldots\ - K_{ho}$$

tworzę wyznaczniki:

$$D_j \qquad (j = 1, 2, \ldots\ h)$$

czyniące zadość zależnościom:

$$DH_j = D_j,\ (j = 1,2, \ldots\ h).$$

Szczególną zerową wartość wyróżnika D, cechującą osobliwy przypadek równowagi wątpliwej ustroju, śmiało mogę tu wyłączyć z rozważań, jako dla betonowych ustrojów nieistotną. Wyznaczanie hyperstatycznych sprowadza się przeto do obliczania wyznaczników D, D_j.

W tym leży cała zmudność pracy, nie tyle trudnej, ile wymagającej raczej cierpliwości i natężenia uwagi, a więc wprost beznadziejnie niedostępnej dla zwartej rzeszy ubogomyślnych wielbicieli lekkiego inżynierskiego chleba.

A przecież każdy, choćby największy wyznacznik zawsze można doszczętnie uprościć przestawianiem słupów i wierszy, mnożeniem ich przez wielkości stałe i odejmowaniem, sprowadzającym do zera wyrazy po jednej stronie jego głównej przekątni leżące.

Wielką pomocą będą tu niewątpliwie K r a k o w i a n y[3]) naszego, światowej sławy uczonego T. B a n a c h i e w i c z a. Jeszcze krok na tej drodze, a bezpowrotnie zginą wszelkie dotychczasowe, tak uwielbiane s z i m l e.

Wszelako, zawsze tu trzeba dążyć do jak najmniejszej ilości niewiadomych w każdym równaniu układu *(a)*, co odpowiada największej obfitości zerowych wyrazów we wszystkich wyznacznikach.

Do tego wiedzie uznane dotąd powszechnie pomijanie sił poprzecznych, a nawet i osiowych prętów prostych — łącznie z wprowadzaniem końcowego momentu gnącego tuż przed węzłem w drugiej części pręta, przy stosowaniu doń najprostszego przekroju.

5. Najwierniej jednak prowadzi do celu właściwy wybór przekrojów, nawet i nie najprostszych, — wraz z pomocniczym uwzględnianiem miejscowych zastrzeżeń co do równowagi oddzielnych części ustroju, celowo zeń wyodrębnianych. Zwłaszcza przy wielokrotnie powtarzającym się podobieństwie w ukształtowaniu ustroju, lub przy zewnętrznej izostatyczności.

Takim składowym pierwokształtem wszelkiego prostokątnego ustroju prętowego jest k o n t u r p r o s t o k ą t o w y (rys. *a*) w najogólniejszym przypadku bezprzegubowy.

Zewnętrzne jego obciążenie własne dałoby (rys. *g*) jeden odpór poziomy a_{ii} i dwa pionowe $a^{i-1\ i-1}$, a^{ii}, gdybym wszystkie sąsiednie pręty poprostu odrzucił, a sam kontur izostatycznie oparł na prawej górnej podporze przegubowej i lewej dolnej, posuwnej poziomo.

W rzeczywistości działają nań od dołu zastępcze składowe oddziaływań prętów niższych, dające, łącznie z obciążeniem własnym dolnej części *s* pionowego pręta — wypadkowe bieżące *(d)*. Zatem U, V, W, wypisane dla tego pręta zależeć będą liniowo od S, Q, M z górnymi wskaźnikami: $(i - 1\ i - 1)$.

Tych samych wzorów mogę użyć i dla pręta poziomego, nadawszy mu zwrot *(s)* — w lewo. Późniejsza zmiana tego zwrotu na wprost przeciwny, pociągnie za sobą tylko zmianę znaku U, V, W, wyznaczonych dla tego pręta, a zależnych liniowo od S, Q, M z dolnymi wskaźnikami *(ii)*.

Tą samą drogą otrzymam U, V, W dla sąsiedniego prawego pionowego pręta w liniowej zależności od S, Q, M z górnymi wskaźnikami $(i\ i - 1)$, a dla dolnego poziomego pręta — ze wskaźnikami $(i\ i - 1)$ dolnymi.

Wobec tego lewe strony równań:

$$U = o,\ V = o,\ W = o$$

wypisanych dla zamkniętego prostokątnego konturu *ss* pola $(l_{ii}\ l^{ii})$ będą liniowe względem S, Q, M z górnymi wskaźnikami $(i - 1\ i - 1)$, $(i\ i - 1)$ oraz dolnymi $(i\ i - 1)$, *(ii)*.

---

[3]) C a l c u l d e s d é t e r m i n a n t s à l'a i d e d e s c r a c o v i e n s. S u r l e c a l c u l d e s d é t e r m i n a n t s. C r a c o w O b s e r v a t o r y. 1 9 3 7.

Dochodzą jeszcze tu zastrzeżenia co do równowagi prostokątnego składowego konturu. Pierwsze dwa równania sił:

$$S_{ii} - S_{i\text{-}1i} + Q^{i\text{-}1\ i\text{-}1} - Q^{i\text{-}1i} = a_{ii}$$

$$S^{-1i} - S^{i\text{-}1\ i\text{-}1} + Q_{ii} - Q_{i\text{-}1\ i} = a^{i\text{-}1\ i\text{-}1} + a^{ii}$$

$$Q_{ii}\ l_{ii} + Q^{i\text{-}1\ i\text{-}1}\ l_{i}^{i} + M_{ii} - M_{i\text{-}1i} + M^{i\text{-}1i} - M^{i\text{-}1\ i\text{-}1} = \\ = l_{ii}\ a^{ii}$$

— ostatnie — równanie momentów względem pośredniego węzła *(i — 1 i)* konturu.

Obie te trójki stanowią wspólnie układ sześciu cząstkowych równań różnicowych, liniowych względem sześciu znakowanych u góry lub u dołu zmiennych *S, Q, M*, a zależnych od prostopadłych przyrostów: l_{ii}, l^{ii},

Stąd — możność uzyskania rozwiązań ogólnych dla wielopolowych prostokątnych ustrojów prętowych, jednostajnych co do wymiarów i obciążenia.

Należałoby tu jeszcze wspomnieć o różnorodnych zastrzeżeniach kresowych, a nade wszystko — omówić bardzo ciekawe przypadki rugowania zmiennych z owego układu równań cząstkowych różnicowych w zależności od stosunku długości ustroju do jego wysokości. Na razie jednak dosyć.

PODŁOŻA BETONOWE POD BRUKAMI ULICZNYMI

Inż. Michał Heine, Warszawa.

OBLICZANIE NATĘŻEŃ i WYMIARÓW W PODŁOŻACH BETONOWYCH. ZASADY OBLICZEŃ

1. Działanie ruchu kołowego

Spośród sił, powstających pod działaniem kół pojazdów, najpoważniejsze dla podłoża są: nacisk statyczny i przede wszystkim uderzenia dynamiczne, zaś tarcie nie ma prawie żadnego wpływu. Znaczną część energii, którą pojazd traci wskutek wstrząsów, pochłania sam korpus tego pojazdu, część tylko przechodzi w jezdnię i podłoże.

Pojazdy resorowane wywołują wstrząsy periodyczne (okresowe) i nieregularne.

Osie pojazdów mają skłonność do wahań w pewnym rytmie i każda nierówność jezdni może przy sprzyjających warunkach powodować szereg dalszych falistych nierówności, albo wzmacniać już istniejące. Tak na przykład działają szczeliny poprzeczne w jezdniach betonowych, na skutek czego zarządzono, aby nie były robione w równych odstępach.

Wszystkie nawierzchnie miewają pewne nierówności. Autor przyjmuje zgodnie z prof. Neumannem jako praktyczną granicę nierówności asfaltów 15 mm.

Jakkolwiek wskutek niejednakowych odstępów między poszczególnymi nierównościami nie wywołują one trwałych wahań okresowych, lecz ich skutki bezpośrednie są od tamtych o tyle większe, że z nimi należy się liczyć przede wszystkim.

Koło zupełnie sztywne o wadze *Q*, przekraczając przeszkodę wysokości *h*, magazynuje w sobie pracę *Qh*, zaś koło ogumione tej samej wagi przejmuje tylko część tej pracy — (ponieważ resztę pochłania i oddaje w innym kierunku obręcz gumowa). Staczając się z przeszkody koło działa na nawierzchnię drogi nie tylko swym ciężarem stałym, lecz również energią przed chwilą nabytą i wtedy następuje najsilniejsze uderzenie.

Skutkiem elastyczności ustrojów uderzenia powtarzają się w pewnym rytmie, lecz szybko zamierają.

Najsilniejsze uderzenia dają oczywiście koła na obręczach żelaznych, najsłabsze — na pneumatykach.

Szybkość i waga pojazdów mają tu mniejszy wpływ, przy czym główne znaczenie posiada waga kół i osi poniżej resorów, a nie waga całego wozu, która może wynosić np. 5 — 6 razy więcej, niż waga kół. Jeżeli jednak — skutkiem przeładowania wozu i przegięcia resorów — ciężar pudła uderza o osie, wówczas zwiększa on bezpośrednio siłę uderzenia.

Według prof. Beckera szybkość jazdy nie ma prawie żadnego wpływu na siłę uderzeń kół na obręczach pneumatycznych, mały wpływ przy zastosowaniu nowych elastycznych gum (półpełnych), natomiast na gumach pełnych i zużytych gumach półpełnych najsilniejsze uderzenia powstają przy szybkości ok. 25 km na godzinę. (Podobny wynik dały badania na drodze doświadczalnej w Brunszwiku w latach 1933 do 1935, opisane w 108 numerze Biuletynu Kongresów Drogowych z 1936 r.).

W ogóle siła uderzeń nie daje się obliczyć teoretycznie i dlatego opierać się należy na pomiarach bezpośrednich przy pomocy odpowiednich przyrządów, np. cylindrów deformacyjnych albo sprężyn spiralnych.

Wg prof. Neumanna, z doświadczeń wykonanych na polecenie rządu Stanów Zjednoczonych, okazało się, że koło na gumach półpełnych, spadając z wysokości 16 mm, działa z siłą 4,6 razy większą, niż nacisk statyczny.

Autor uważa taki wynik za nieaktualny obecnie, ponieważ gumy zostały znacznie ulepszone.

Następnie przechodzi autor do opisu i zestawienia wyników prac uczonych niemieckich, a mianowicie:

prof. Backer znalazł dla tylnego podwójnego koła samochodu ciężarowego — zamiast nacisku stałego 3750 kg, — następujące wartości:

1) przy pneumatykach o ciśnieniu 4,5 atm. — 4500 kg,
2) przy pneumatykach o ciśnieniu 6,0 atm. — 5875 kg,
   przy gumach półpełnych, przy szybkości 25 kg/godz. i wysokości przeszkody 15 mm,
3) w stanie nowym (przyrost 120%) — 8250 kg,
4) w stanie mocno zużytym (przyrost 250%) — 13125 kg.

Innym sposobem obliczali efekt wstrząsów prof. Langer i p. Langer-Thomé, a mianowicie do obciążenia koła dodawali masę nieresorowaną tegoż koła, pomnożoną przez przyśpieszenie, jakiego do-