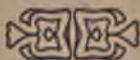
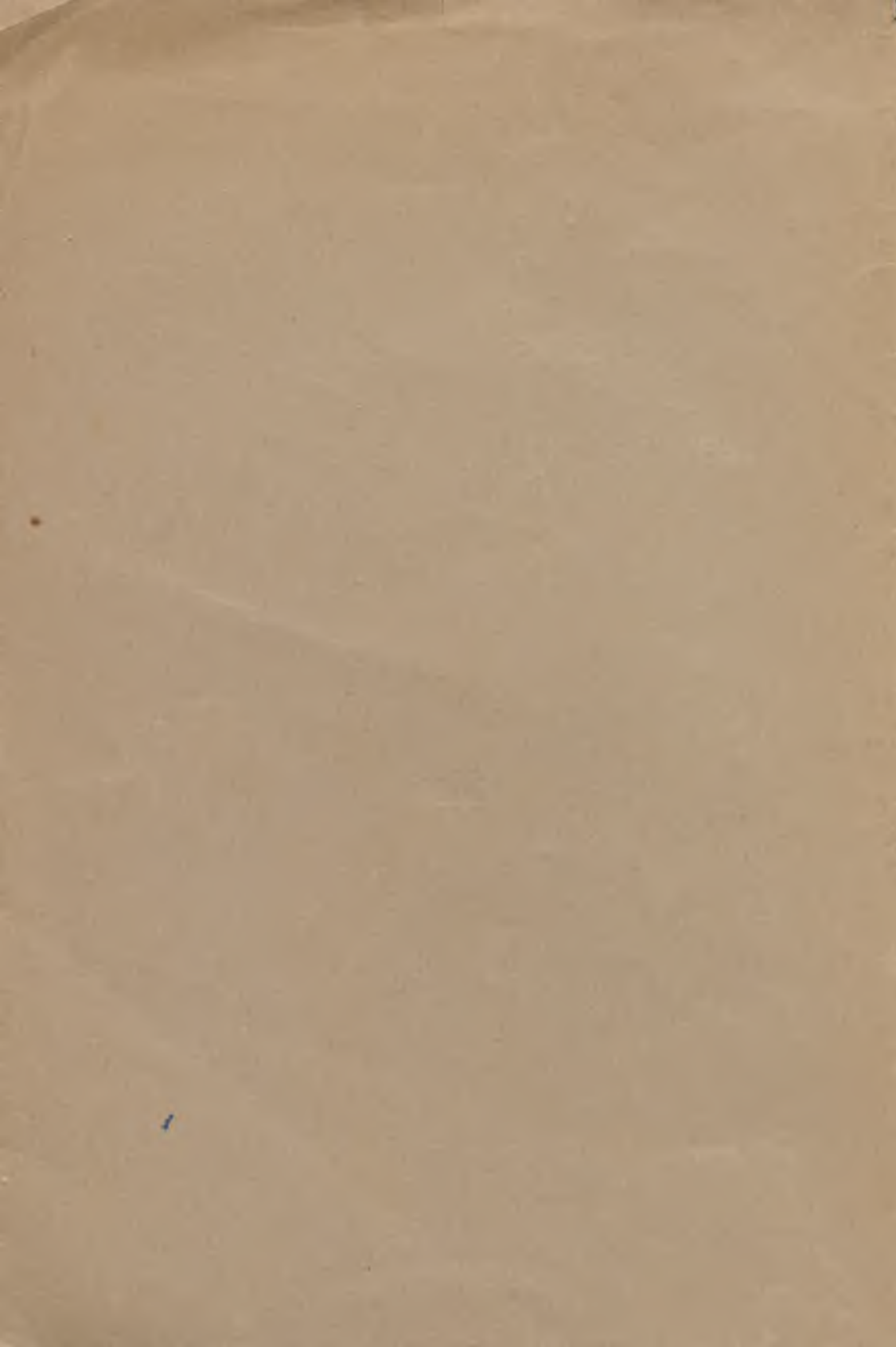


Prof. EMIL BRATRO

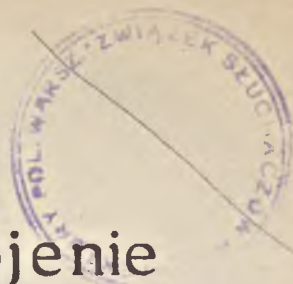
Nowoczesne uzbrojenie nawierzchni betonowej



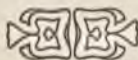
ODBITKA Z »CZASOPISMA TECHNICZNEGO« 1931 R.
LWÓW — 1931.



Prof. EMIL BRATRO



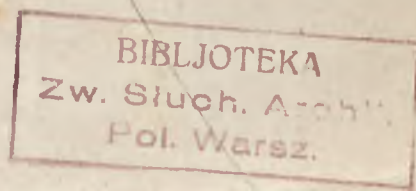
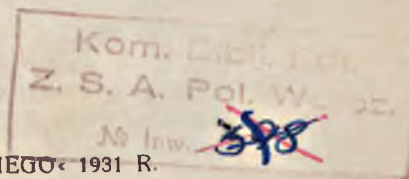
Nowoczesne uzbrojenie nawierzchni betonowej

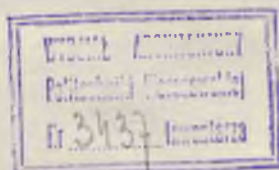


625.84

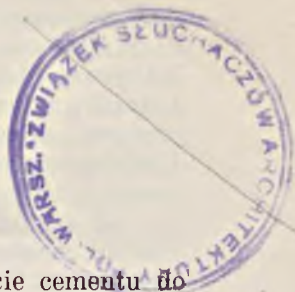
ODBITKA Z »CZASOPISMA TECHNICZNEGO« 1931 R.

LWÓW — 1931.





if



Z historycznego punktu widzenia użycie cementu do nawierzchni drogowej jest bardzo dawne, gdyż spotykamy się z tym materiałem, względnie zbliżonym do niego, już przy drogach rzymskich. Osadzano tam mianowicie pojedyncze wielkie płyty kamienne na zaprawie wapiennej, do której dodawano ziemię puculanową, będącą popiołem wulkanicznym, a posiadającą wiążące właściwości cementu.

Realne jednakże początki istotnej nawierzchni betonowej datują się dopiero od r. 1872, w którym to czasie wykonano w Anglii pierwszą drogę betonową obok Edynburga, przyczem odrazu zaznaczyć należy, iż z uwagi na zupełną nieznajomość podówczas tych momentów, które na dobroć wykonania wywierają dominujący wpływ, dalej ze względu na znacznie gorsze typy cemetów, aniżeli te, któremi dzisiaj rozporządzamy, próby te nie wydały szczególnego rezultatu.

Przyczyna pierwszych niepowodzeń z nawierzchnią betonową tkwiła również w niezdawaniu sobie sprawy z różnic, jakie zachodzą pomiędzy użyciem betonu we wszystkich możliwych działach inżynierji i budownictwa, a użyciem go w drogach. W istocie jednak zachodzi ta zewnętrzna różnica, iż kiedy prawie wszędzie narażony on jest w pierwszym rzędzie na statyczne działanie sił, to w drogownictwie ma przeciwstawić opór również dynamicznym oddziaływaniom, wynikającym z uderzeń pojazdów w czasie ruchu. Dodać przytem należy, iż wymienione oddziaływania dynamiczne, jak przeprowadzone dość niedawno badania wykazały¹⁾, są częstokroć kilka — a nawet kilkunastokrotnie razy większe, aniżeli korespondujące niejako z niemi oddziaływania statyczne. Nadto przy nawierzchni drogowej istnieje pewna dysproporcja wymiarów konstrukcji betonowej; mianowicie zwyczajnie grubość jest wprost znikomą w stosunku do szerokości i długości. Ten moment, jak rów-

¹⁾ Prace Prof. Dr. Beckera, Bobetha i innych.

niez okoliczność, iż z uwagi na statyczną niewyznaczalność układu, o ścisłych obliczeniach mowy tu być nie może, stanowią w istocie pewne utrudnienie dla konstruktora dróg betonowych.

Ojczyznę jednak istotnego rozwoju nowoczesnej drogi betonowej, stały się Stany Zjednoczone Ameryki Północnej i śmiało możemy powiedzieć, iż przeważna ilość dat i spostrzeżeń, oraz opartych na nich racjonalnych zarządzeń i zabiegów, mających na celu dobroć wykonania, miała swoją kolebkę po drugiej stronie Oceanu Atlantyckiego.

Z jak olbrzymim rozwojem dróg betonowych mamy tam do czynienia, dowodzą daty urzędowe „Bureau of Public Roads“²⁾, z których wynika, iż z dróg, budowanych z pomocą państwową wykonano 20,3% jako betonowe. Szczególnie wybitnie występuje postęp w budowie tych dróg w okresie powojennym. Wedle dat, zebranych przez Dr. W. Feilchenfelda, sekretarza Berlińskiej Izby Handlowo - Przemysłowej w czasie podróży naukowej, odbytej w r. 1929, sumaryczna ilość dróg betonowych wynosiła z dniem 1 stycznia 1928 r. — 48.438 mil angielskich, t. j. około 78.000 km. Przybytek zaś w r. 1928 wynosił 14.097 km³⁾. Ostatni rok „prosperity“ amerykańskiej, mianowicie 1929 wykazuje 13.700 km wybudowanych w nim dróg betonowych międzymiastowych, nadto zaś 4.200.000 m² nawierzchni ulic miejskich⁴⁾. Są to cyfry gigantyczne, którym naturalnie Europa z uwagi na swoje zubożenie, nadążyć nie może, dowodzą jednak niezbiecie, iż pomimo powyżej wskazanego utrudnienia w konstrukcji tych dróg, przynoszą one z sobą walory, którymi tego rodzaju praktyczne społeczeństwo, jakim są Amerykanie, poważnie liczyć się musi.

W Europie pierwsi zastosowali u siebie nawierzchnię betonową Anglicy, którzy już w r. 1926 posiadali 700 km, następnie w ostatnich latach znalazła ona szerokie zastosowanie w Niemczech, Holandji, Włoszech i t. p.

Równocześnie rozpoczęła się żmudna praca nad rozwiązaniem szeregu problemów z nawierzchnią tą związanych i badania te są przeprowadzane na bardzo szeroka skalę w szeregu państw, którym na tem polu z łatwo zrozumiałych względów również przodują Stany Zjednoczone.

Problemów tych jest znaczna ilość. Przytoczę je tylko możliwie ogólnikowo. A więc w pierwszym rzędzie odpo-

²⁾ Public Roads. Marzec 1927.

³⁾ Sprawozdanie delegatów Stanów Zjednoczonych na VI. Międzynarodowy Kongres Drogowy w Waszyngtonie. Za rok 1930 brak na razie dat.

⁴⁾ Inż. Warnecke. Der Strassenbau Nr. 19/1930.

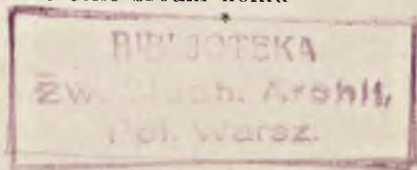
wiednie konstrukcyjne wykształcenie szwów pomiędzy poszczególnymi polami. Sprawa ta, której znaczenie w Ameryce jest stosunkowo mniejsze, posiada wielką wagę w Europie, gdzie jeszcze prawie we wszystkich państwach istnieje na drogach silne nasilenie ruchu zaprzęgowego pojazdami o obręczach żelaznych. Następnie kwestja podtorze i to nie tylko co do jego stałości, ale nadto w odniesieniu do jego gładkości. Zdajemy sobie bowiem sprawę doskonale z tego momentu, iż gładkość podtorza umożliwia ruchy płyty betonowej w sposób dla niej nieszkodliwy, podczas gdy nierówność jego może dać łatwy powód do tworzenia się niepożądanych rys i pęknięć.

Dalszym problemem, który domaga się rozwiązania, jest sprawa grubości nawierzchni betonowej, oraz złączona z tem do pewnego stopnia sprawa jednej lub dwuwarstwowej jezdni. Jest to rzecz, która z uwagi na poruszone poprzednio trudności, teoretycznie prawdopodobnie nigdy rozwiązana nie będzie; tem więcej zatem musimy dążyć do praktycznego zbadania tej sprawy.

Pomijając wreszcie cały szereg dalszych problemów, jak utrwalenie powierzchniowe nawierzchni, nadanie jej możliwie jaknajwiększej szorstkości i t. p., i t. p., pragniemy bliżej zająć się jednym z niewymienionych dotychczas, mianowicie sprawą uzbrojenia nawierzchni betonowej.

Odrzuć zaznaczyć należy, iż sprawa ta do niedawna jeszcze wyjaśnioną nie była. Uzbrojenie znajdowało swoich obrońców i przeciwników. Jest rzeczą charakterystyczną, iż przewaga pierwszych znajdowała się w Ameryce, drugich w Europie. Wynikało to do pewnego stopnia być może z różności warunków, w jakich buduje się drogi na obu kontynentach. Zasadnicza różnica zachodzi mianowicie ta, że Ameryka wykonuje przeważnie drogi betonowe w partjach, które poprzednio albo były dróg pozbawione, albo też posiadały drogi ziemne, natomiast Europa w przeważnej ilości wypadków przeprowadza tylko rekonstrukcje nawierzchni tłuczniowych na betonowe. Innemi słowy mamy tu zasadniczą różnicę w odniesieniu do fundamentu, na którym jezdnia betonowa ma być ułożoną. Nieda się przytem zaprzeczyć, iż istotnie fundament europejski jest na ogół wzięwszy, stalszy i silniejszy, niżli amerykański. Stąd konstruktorzy europejscy wyciągali wnioski o zbędności uzbrojenia płyty betonowej.

Jest jednakże znamienne i ciekawe, iż w r. 1923 wypowiedział na IV. Międzynarodowym Kongresie Drogowym w Seville reprezentant Anglii A. Dryland zapatrywanie, iż wytrzymałość podtorza na nowoczesne środki komu-



nikacyjne jest tylko w rzadkich wypadkach dostateczną i dlatego żądał stosowania w każdym wypadku uzbrojenia nawierzchni betonowej. Dla wyjaśnienia tej sprawy przeprowadzono w Anglii doświadczenia i próby, które w rezultacie wykazały, że nawierzchnia o grubości 15 *cm*, jednakże uzbrojona, posiada większą wytrzymałość, niżli zupełnie analogiczna o grubości 22 *cm*, jednakże bez uzbrojenia.

Rzecz ta zwróciła na siebie uwagę najbardziej interesowanych kół amerykańskich tak, iż w r. 1925 Bureau of Public Roads powierzyło zbadanie tej sprawy osobnej komisji, która pod przewodnictwem członka Drogowego Instytutu Badawczego Inż. C. A. Hogentogler'a przeprowadziła żmudne studia nad 4.800 *km* uzbrojonych nawierzchni, a rezultaty swej pracy ogłosiła w r. 1926⁶⁾.

Wyniki badań dadzą się ująć w następujących punktach:

1. Ilość wytwarzających się rys i związane z tem uszkodzenia nawierzchni zależą w pierwszej linii od okresu istnienia jezdni; tem samem wielkość wytworzonych rys jest miarą starości drogi.

2. Badania wykazały, iż wskutek uzbrojenia nawierzchni, tworzenia się rys maleje, a okres życia jezdni przedłuża się. Moment ten odnosi się zarówno do nawierzchni betonowej, jak również do tych typów jezdni, które posiadają fundament betonowy.

3. Zmniejszenie wytwarzania się rys da się taniej i ekonomiczniej osiągnąć przez uzbrojenie, niżli przez pogrubienie płyty betonowej.

4. Przy gęstym ułożeniu uzbrojenia o małych wymiarach, występuje znacznie mniej rys, aniżeli przy silniejszych przekrojach, układanych w większych odstępach.

5. Uzbrojenie w wielkości 1,25—2,75 *kg/m*² zmniejsza już znacznie tworzenie się rys.

6. Przy nawierzchniach betonowych o równej grubości wynosi zmniejszenie się rys w razie użycia uzbrojenia o podanej powyżej wielkości 35—70%.

7. Uzbrojenie siatkowe o wielkości 1,25—2,75 *kg/cm*², oraz uzbrojenie wkładkami z żelaza okrągłego o wielkości 3,3 *kg/m*², z której to ilości żelaza 25% wypada na uzbrojenie podłużne, zmniejszają rysy więcej, niżli pogrubienie płyty o 2,5 *cm*.

8. Przy dobrym kruszywie ze zdrowego kamienia, oraz przy zastosowaniu uzbrojenia siatkowego 2,75 *gk/m*²

⁶⁾ Eng. News Record Vol. 96 styczeń 1926.

lub też wkładek żelaznych okrągłych $8,3 \text{ kg/m}^2$, po 50% w obu kierunkach, uzyskuje się takie zmniejszenie rys, które da się otrzymać dopiero przy pogrubieniu płyty o 5 cm.

9. Uzbrojenie siatkowe o wielkości 2 kg/m^2 wystarcza dla cienkich płyt, które układane są jako wzmocnienie na starych nawierzchniach betonowych.

10. Wzmocnienie krawężne o 2,5 cm zmniejsza tendencje do wytwarzania się rys na krawędzi więcej, aniżeli uzbrojenie siatkowe $1,25\text{—}2,75 \text{ kg/m}^2$ lub wkładki okrągłej 10—19 mm ϕ . Zwiększeniu się uszkodzeń, które występują stale po ukazaniu się takich rys krawężnych, zapobiega się skutecznie przez wstawienie uzbrojenia.

11. W wyniku uzbrojenia jakiegokolwiek bądź typu osiąga się to, iż na wypadek pęknięcia utrzymują się razem pęknięte części płyty.

Wyniki te stały w zupełnej zgodzie z przeprowadzonymi już poprzednio doświadczeniami i to tak na drogach normalnych, jak również na drogach doświadczalnych. Na te ostatnie bowiem Ameryka pieniędzy nie żałuje, jeżeli wspomni się tylko o założonej w r. 1920 drodze doświadczalnej w Bates (Illinois), oraz w Pittsburg'u (Kalifornia).

Odnośnie do drogi doświadczalnej w Bates, długości 3.240 m, szerokości 5,50 m, wykonanej bez żadnych krzywizn, to wypróbowano na niej 71 typów najrozmaitszych nawierzchni. Uzyskano na tej drodze szereg bardzo cennych wyników, wykorzystanych następnie w praktyce, przyczem najbardziej interesującym jest ten wynik, iż na powyżej podaną ilość badanych nawierzchni wytrzymało próbę tylko 13 typów, z czego 10 było właśnie betonowych (4 z uzbrojeniem). Doświadczenia te wykazały użyteczność nawierzchni betonowych i tem się też tłumaczy ich szerokie rozpowszechnienie w Ameryce.

Po ustaleniu użyteczności tego typu, przystąpiła Ameryka prawie natychmiast, bo w latach 1921/22 do budowy drugiej, wspomnianej drogi doświadczalnej w Pittsburg'u, której zadanie było już zwężone tylko do 13 typów nawierzchni betonowej.

Przestrzeń ta, składająca się z dwóch prostych o długości po 135 m, połączonej dwoma łukami o promieniu 22,5 m, wykonana w szerokości jezdni 5,40 m, miała do oświetlenia szereg zagadnień tak teoretycznej, jakoteż praktycznej natury, a jedną z najważniejszych kwestyj, która wskutek impulsu ze strony Columbia Steel Company musiała być rozpatrzoną, była sprawa zbadania celowości uzbrojenia przekroju.

Z jakim nakładem kosztów droga ta i doświadczenia na niej zostały wykonane, dowodzi z jednej strony fakt, iż celem umożliwienia badań nad sprawą ugięć płyt betonowych, wykonano cztery tunele dla obserwacji spodnich warstw nawierzchni oraz pomiaru ugięć, nadto wielkość przepuszczonego w stosunkowo krótkim czasie ciężaru, wynosząca 7,362.000 *t*, co odpowiada dwudziestoletniemu nasileniu drogi po 1.000 *t* dziennie. Ażeby zrozumieć te olbrzymie cyfry, należy pamiętać, iż przeciętne dzienne nasilenie ruchu na drogach państwowych w Polsce wynosi zaledwie 373 *t*.

Pomijając szereg ważnych wyników, osiągniętych na tej drodze, ograniczymy się tylko do podania rezultatu odnośnie do interesującego nas tematu, który opiewa, iż te typy nawierzchni betonowych, które posiadały wkładki żelazne w takim położeniu, które umożliwiało im przejęcieciągnięć, wynikających z momentów ugięcia, wykazały dłuższy okres życia, aniżeli te, o tych samych wymiarach, które wkładek nie posiadały w odpowiednim położeniu.

Doświadczenia wykazały nadto, iż rysy przy podaniem powyżej obciążeniu występowały w nawierzchni w pierwszym rzędzie na końcach poszczególnych płyt, następnie na krawędzi jezdni, oraz w jej narożach. Oprócz tego skonstatowano, iż w płytach uzbrojonych uszkodzone nawet rysami naroża wytrzymywały jeszcze dodatnio wyższe obciążenia, aniżeli analogiczne naroża w płytach nieuzbrojonych.

Naogół zatem można stwierdzić, iż doświadczenia Pittsburgskie stwierdziły dostatecznie dowodnie znacznie większą wytrzymałość uzbrojonych nawierzchni, niżli nieuzbrojonych.

Dotychczas nieogłoszone zostały wyniki badań przeprowadzonych w odniesieniu do rodzaju uzbrojenia nawierzchni na przestrzeni próbnej w ciągu trasy Oxnard—Point (Kalifornia), oraz na linii Waszyngton—Virginia (1926/27); jeśli o nich wspominam, to z tego powodu, by zwrócić uwagę na wysiłki Ameryki w tej sprawie, dążące do rozwiązania problemu uzbrojenia na drodze doświadczalnej.

W Europie poważny charakter posiadają doświadczenia, przeprowadzone z rozmaitymi typami nawierzchni na drodze doświadczalnej w Brunświku. I tutaj może najwybitniej wystąpiły korzyści, wynikające z uzbrojenia jezdni betonowej z uwagi, iż poraz pierwszy zastosowano przy nich zasadę, że przestrzeń doświadczalną należy upodobnić do normalnych warunków istnienia drogi, t. zn. należy ją w cza-

sie przeprowadzanych jazd utrzymywać zawsze w stanie odpowiednim do ruchu.

Na drodze tej, założonej w formie koła, o średnicy 360 m (by wszystkie badane typy znalazły się w identycznym położeniu sytuacyjnym), wykonano między innymi 136,28 m długą nawierzchnię betonową uzbrojoną, oraz 42,05 m długą nawierzchnię betonową nieuzbrojoną. Pierwsza nawierzchnia wykonana została jako dwuwarstwowa, o grubości warstwy dolnej 14 cm, górnej 6 cm. Warstwa dolna otrzymała uzbrojenie podłużne na krawędziach wzmocnionych, składające się z czterech prętów okrągłych o ϕ 8 mm. Do uzbrojenia warstwy wierzchniej, ułożonego w odstępach 3 cm od wierzchu, użyto siatki żelaznej, posiadającej w kierunku poprzecznym 6 prętów ϕ 8 mm, w kierunku zaś podłużnym 8 prętów tej samej średnicy, wszystko na 1 m² nawierzchni. Kruszywo bazaltowe, ilość cementu przy warstwie dolnej 250 kg, przy górnej 350 kg na 1 m² gotowego betonu.

Co do wykonania drugiego typu nawierzchni nieuzbrojonej należy zaznaczyć, iż pierwotnie była to partja taka sama, jak poprzednio opisana, która w ten sposób miała początkową długość 178,33 m i w pierwszej serji prób nie istniała nawierzchnia nieuzbrojona. Dopiero w okresie późniejszym, celem wypróbowania również w identycznych warunkach jezdni betonowej nieuzbrojonej, poświęcono na ten cel 42,05 m długości dawnej jezdni uzbrojonej w ten sposób, iż z poprzedniej nawierzchni wyłamano dłutami pneumatycznymi jezdnię na grubości 8—9 cm i usunięto uzbrojenie. Następnie naniesiono na oczyszczoną i zlaną mlekiem cementowym powierzchnię dolnej warstwy betonowej, nowy beton wykonany w stosunku 1 : 5 z tłuczniem porfirowym.

Przez nawierzchnię uzbrojoną przepuszczono od 18 sierpnia 1925 r. do 1 lutego 1930 r. obciążenie 3,124.383 t, przez nieuzbrojoną od 10 października 1927 r. do 1 lutego 1930 r. obciążenie 2,099.764 t. W rezultacie zaś pomimo znacznie większego obciążenia powierzchni uzbrojonej, okazała się ona dominująco lepszą, niżli jezdnia nieuzbrojona. Trudno tu szczegółowo omawiać tę obszerną sprawę, ciekawych odsyłam do odnośnej literatury¹⁾, w każdym razie skonstatować należy olbrzymią przewagę w wytrzymałości jezdni uzbrojonej, nad nieuzbrojoną.

¹⁾ E. Bratro: Droga doświadczalna w Brunświku. Warszawa 1931. oraz VII. Denkschrift über die Versuchsstrasse bei Braunschweig 1930.

Należy w końcu nadmienić, iż w r. 1929 ułożono w Niemczech 6 odcinków próbnych⁷⁾ uzbrojonych nawierzchni betonowych, znajdujących się w dość rozmaitych warunkach. Jakkolwiek okres ich istnienia jest jeszcze za krótki, by można wyciągnąć jakiegokolwiek szersze wnioski, to jednak należy zaznaczyć, że wszystkie one utrzymały się dotychczas w stanie zupełnie wolnym od rys.

Początkowo zastosowywano jako typowe uzbrojenie okrągłe wkładki o znaczniejszych przekrojach, które jednakże wobec wspomnianych poprzednio badań Hogentogler'a utrzymać się nadal nie mogły. W sprawozdaniu swoim podnosi on nawet, iż nagromadzenie znaczniejszej ilości żelaza w pewnych punktach przekroju wzmacnia w wielu wypadkach tendencję do tworzenia się rys, co zresztą stwierdzeniem zostało również i w Europie. Natomiast doskonałą usługę w kierunku zmniejszenia rys i pęknięć oddają gęściej rozłożone, a pojedynczo słabsze, wkładki siatkowe.

Wpierw parę uwag w odniesieniu do położenia wkładki przekroju jezdni. Ułożenie ich może być bardzo rozmaite; przeważnie układa się je w wypadku używanej w Europie jezdni dwuwarstwowej, w partji pomiędzy dolną a górną warstwą lub też przy stosowanej w Ameryce jezdni jedno-warstwowej 4—5 cm pod powierzchnią płyty betonowej. Zaznaczyć należy jednakże, iż typu tego nie można uważać za nienaruszalny. Jest bowiem zrozumiałem, że wkładka żelazna powinna się w przekroju znajdować tam, gdzie występować będą ciągnienia, względnie nateżenia zginające. Jezdnia betonowa jest narażoną na najrozmaitsze wpływy, uzewnętrzniające się bardzo różnorodnie. Wiadomo naprzykład, iż pod wpływem ciepła występują tendencje do wybrzuszeń, czemu przeciwdziała ciężar własny jezdni i w rezultacie ukazują się ciągnienia w partjach dolnych. Przeciwnie przy doskonałym podłożu wywiązują się nateżenia zginające pod wpływem przejeżdżających ciężarów na górnej partji płyty. To samo objawia się przy nagłym oziębieniu jezdni. Bardzo rozmaicie będzie się pod tym względem zachowywała płyta, umieszczona na małowytrzymałym podłożu lub też na tego rodzaju typie gruntu, który podlega pęczeniu i skurczowi. W tym wypadku ciągnienia będą się objawiać częściowo na powierzchni, częściowo zaś u spodu, a rezultatem tego będzie konieczność podwójnego uzbrojenia jezdni, z góry i z dołu. Jak widzimy zatem, ilość możliwych wypadków jest tu bardzo znaczną i dobre zastosowanie po-

⁷⁾ Inż. G. Streit: Erfahrungen mit Stahldrahtbewehrung von Betonstrassen. Die Betonstrasse Nr. 2 ex 1931.

łożenia wkładki wymaga bardzo starannego zbadania wszystkich momentów, wywierających tu swój wpływ.

Mimoходом należy jednak zaznaczyć, iż ewentualne zastosowanie wkładek musi mieć swój wpływ również w odniesieniu do konsystencji użytego betonu. Zbyt suchy beton, jaki jest chętnie używany dla dolnej warstwy, wydaje się być w tych warunkach nieodpowiednim, albowiem zachodzi obawa uzyskania za słabej przyczepności pomiędzy betonem a wkładkami. Nie wynika naturalnie z tego, by beton musiał być bardzo plastyczny, jednakże konsystencja jego przy zastosowaniu wkładek musi odpowiadać mniej więcej miękkiej, wilgotnej ziemi.

Nie wdając się w ciekawy zresztą opis najrozmaitszych prób, odnoszących się do najkorzystniejszego uzbrojenia jezdni, prób, które dzisiaj w wielu wypadkach mają do pewnego stopnia już tylko historyczne znaczenie, zaznaczę, iż obecnie zwycięża w tym dziale na całej linii elektrycznie spawana siatka druciana, będąca do pewnego stopnia nowością w tej dziedzinie.

Jako materiału do wyrobu tych siatek na drodze zimnego przeciągania drutów używa się stali zlewnej o wartościach bardzo wysokich, mianowicie:

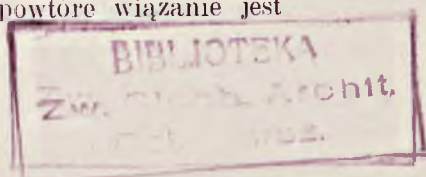
o wytrzymałości na rozerwanie . . .	6.500 kg/cm ²
granicy płynności około . . .	6.000 „
rozciągłości przy rozerwaniu . . .	6—8%.



Ryc. 1.

Sposób wyciągania tych drutów ma wybitny wpływ na ich dobroć i wytrzymałość. Pojedyncze druty łączone są zapomocą elektrycznego spawania punktowego, przyczem z reguły na silniejsze druty podłużne przychodzą druty poprzeczne, zaś wzajemne zagłębianie się w czasie spawania dochodzi do $\frac{1}{3}$ średnicy (ryc. 1).

W ten sposób osiąga się wzajemne bardzo dobre stopienie i złączenie się obu elementów. Siatka tego rodzaju przychodzi gotowa na budowę, wskutek tego niema w pierwszym rzędzie straty czasu, spowodowanej jej układaniem i wiązaniem, co z uwagi na szybkość tężenia betonu jest rzeczą pierwszorzędną doniosłości, powtórę wiązanie jest



idealnie dokładne. Huty wykonują wszelkie zamówienia w tym kierunku w granicach podanych im dat, jednakże w handlu znajdują się również typy spawanych siatek standaryzowane w szerokościach 2-metrowych, oraz w kręgach długości po 50 m, o ile rozchodzi się o siatki z drutów o maksymalnej średnicy 6—7 mm, względnie powyżej tej średnicy w formie elementów płaskich jako tak zwane maty.

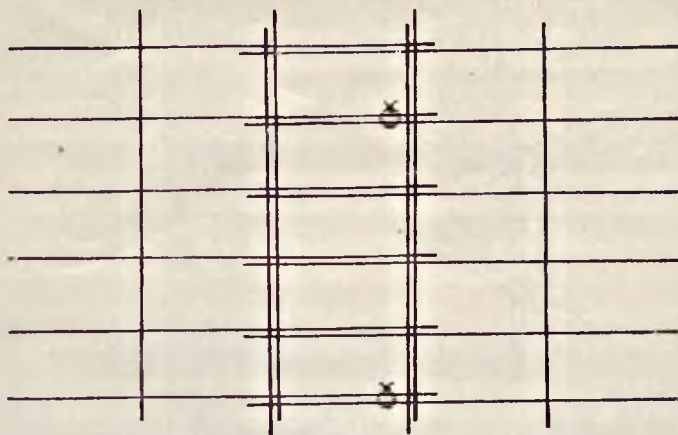
Standaryzowane typy w kręgach są następujące:

Nr.	Odstęp drutów w mm		Średnica drutów w mm		Teoretyczny ciężar 1 m ² w kg
	podłuż.	poprzączn.	podłużn.	poprzączn.	
1 a	75	300	5	4,2	2,3
2	"	"	6	4,2	3,2
3	75	400	6	6	3,4
4	"	"	7	7	4,6
5	100	100	3,4	3,4	1,4
6	"	"	4,2	4,2	2,1
7	"	"	5	5	3,0
8	100	300	4,2	4,2	1,4
9	"	"	5	5	2,0
10 a	"	"	5,5	4,6	2,5
11	"	"	6	5	2,7
12	"	"	7	5	3,4
13	150	150	4,2	4,2	1,4
14	"	"	5	5	2,0
15	"	"	5,5	5,5	2,4
16	"	"	6	6	2,9
17	"	"	6,5	6,5	3,4
18	"	"	7	7	3,9
19	150	300	5	5	1,5
20	"	"	6,5	6,5	2,5

Dodać przytem należy, iż siatki te nie są po stronie bocznej zamknięte drutami podłużnymi, lecz przeciwnie, druty poprzeczne wystają poza skrajne podłużne na długość 25—50 mm. Normalne łączenie pojedynczych siatek przedstawia rys. 2.

Jak już poprzednio wspomnieliśmy, w przeważnej ilości wypadków znajduje się wkładka żelazna 5—6 cm poniżej powierzchni jezdni. Niezmiernie ważną jest rzeczą jednakże celowe, należyte i dokładne rozpięcie siatki, względnie uzbrojenia. Nieuwaga lub niechlujstwo w tej robocie może nie tylko zanulować w zupełności dodatni wpływ

ułożenia wkładek, ale przeciwnie musi w rezultacie doprowadzić do niepożądanych rys i uszkodzeń. Pieczołowitą



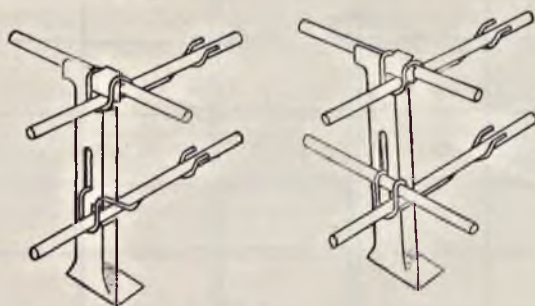
Rys. 2.

uwagę poświęca się tej sprawie tak w Ameryce, jakoteż w Anglii, gdzie oddawna przeważa już zapatrywanie o dodatnich stronach uzbrojenia jezdni.



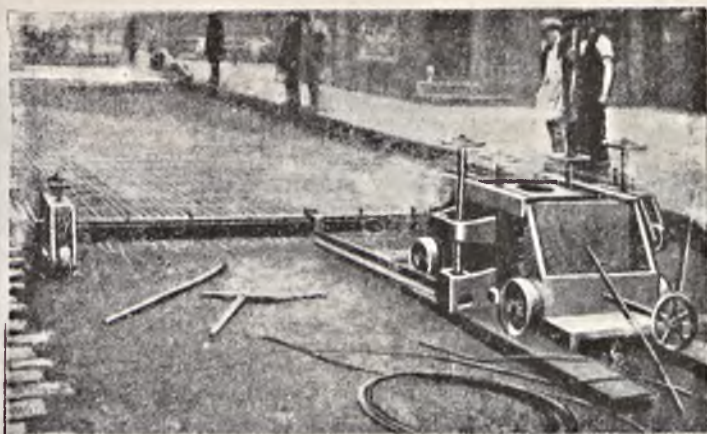
Ryc. 3.

W Ameryce usztywnia się położenie wkładek lub siatek bądź to z pomocą osadzonych na podłożu strzemion żelaznych (ryc. 3), do których wkładka zostaje przymocowana, bądź też za pośrednictwem specjalnych podpórek blaszanych (ryc. 4).



Rys. 4.

Te ostatnie są szczególnie chętnie używane w wypadku zastosowania uzbrojenia podwójnego, gdyż w ten sposób następuje doskonałe ustalenie wzajemnego odstepu obu wkładek.

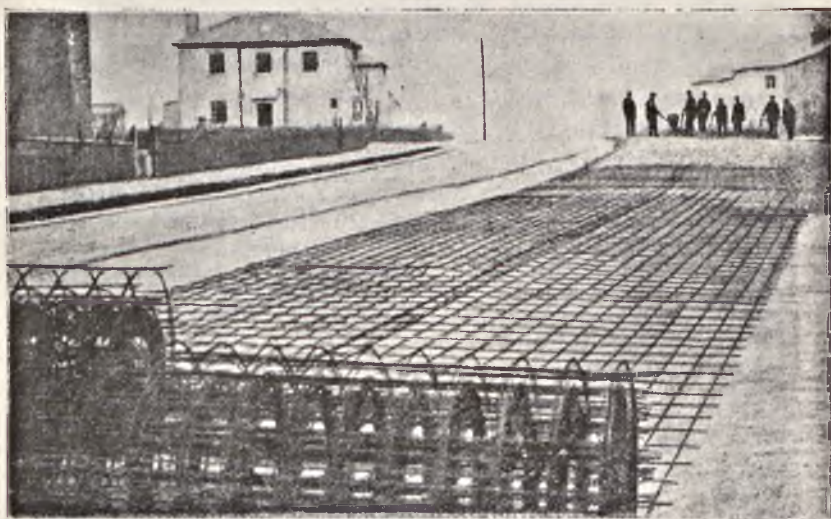


Ryc. 5

Bardzo dowcipnie załatwili się z tą sprawą Anglicy, używając do tego celu wykonanej przez firmę John Fowler and Co. Ltd. specjalnej maszyny patentu Mr. John'a.

Maszyna ta uwidoczniiona na ryc. 5 umożliwia silne napięcie siatki, co przedstawia szczególną wartość z tego po-

wodu, iż w czasie betonowania nie może być wkładka zdeformowaną co do swego położenia. Napięcie uskutecznia się w ten sposób, iż siatka jest z dwóch stron z pomocą śrub przytwierdzona do poziomych dźwigarków żelaznych. Jeden dźwigarek jest zakotwiony palami do terenu, drugi złączony z ciągnikiem, przyczem pojedyncze druty podłużne otrzymują początkowe napięcie około 30 kg/cm^2 . Użycie tego ciągnika jest możliwe tak przy pojedynczym, jakoteż przy podwójnem uzbrojeniu; również właściwie nieograniczoną jest szerokość wkładki, gdyż zależy to tylko od odpowiedniej długości dźwigarków żelaznych.



Ryc. 6.

Ryc. 6 przedstawia normalne użycie spawanej siatki, dostarczonej na budowę w zwojach na jednej z dróg angielskich.

Z przedstawionego stanu rzeczy wynika, iż ułożenie wkładek żelaznych w nawierzchni betonowej, przyczyni się zawsze do polepszenia warunków jej istnienia w granicach ustalonych badaniami Hogentogler'a. Nie da się natomiast zaprzeczyć, że użycie ich wywołuje pewne zwiększenie kosztów, których wysokość zależeć będzie od wielkości uzbrojenia. Z drugiej strony pamiętać jednak należy, iż zwykła kosztów zneutralizowaną jest w pierwszym rzędzie przedłużeniem życia nawierzchni, czyli dłuższym okresem amoty-

zacyjnym, następnie, iż zastosowanie uzbrojenia pozwala na wydatne zmniejszenie grubości płyty betonowej, czyli doprowadza do oszczędności odnośnie do ilości betonu. Sprawa zatem kalkulacyjności wkładek żelaznych jest rzeczą, która nie może być traktowaną oderwaniem sama dla siebie, lecz musi uwzględniać poruszone poprzednio momenty.

W pewnych natomiast wypadkach staje się użycie uzbrojenia w jezdni betonowej postulatem tak bardzo konstruktywnym, że wobec niego ustąpić muszą na bok wszelkie rozważania natury kalkulacyjnej. Odnosić się to będzie w pierwszym rzędzie do układania jezdni betonowej w wysokim nasypie, względnie na terenie niepewnym. W tym wypadku koniecznem będzie zaprojektowanie uzbrojenia podwójnego, z wierzchu oraz u spodu płyty. Również celowem okaże się wykonanie uzbrojenia szczególnie w kierunku poprzecznym podówczas, gdy przy jezdni ponad 6 m szerokiej nie zamierzamy urządzić szwu podłużnego.

Typowy przykład konieczności zastosowania uzbrojenia zachodzi w tym wypadku, gdy nową jezdnię betonową układamy na starej nawierzchni tłuczniowej, przyczem, jak to często bywa, powiększamy równocześnie jej szerokość. W tych wypadkach z uwagi na rozmaitość wytrzymałości podłoża, którem częściowo jest stara jezdnia tłuczniowa, częściowo zaś zwykły grunt, zachodzi niebezpieczeństwo pęknięcia w miejscu granicznym dla obu typów podłoża. Pęknięciu zapobiegać tu może li tylko uzbrojenie, które zresztą może się ograniczać li tylko do skrajnych partji jezdni. Wreszcie zwrócić należy uwagę na dodatnie wartości ułożenia wkładek żelaznych w wypadku, gdy nawierzchnia podlega silnym różnicom temperatury dziennej lub rocznej, który to objaw występuje u nas bardzo dobitnie.

Przy ciężkim ruchu miejskim osiąga się również korzystniejsze rezultaty często przez wykonanie uzbrojenia, aniżeli przez pogrubienie płyty. W Anglii n. p. drogi portowe, wykonane z betonu, są z uwagi na panujący tam ciężki ruch z reguły zaopatrywane w dość nawet silne uzbrojenia, dochodzące do $6-9 \text{ kg/cm}^2$.

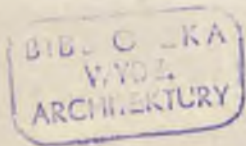
Nie posiadamy niestety dostatecznej ilości dat, odnoszących się do sprawy kosztów utrzymania betonowych jezdni nieuzbrojonych i uzbrojonych, w związku z ich zruchem. Jedyną znaną mi datą, jednakże posiadającą charakter zbyt ogólny, bo niepodającą wielkości ruchu, dostarczył literaturze technicznej Oddział Drogowy Stanu Ohio. Przeprowadzone tam doświadczenia z pięcioletniego okresu wykazały, że roczny koszt utrzymania jezdni betonowej nie-

uzbrojonej wynosił w pewnych warunkach 0,0279 \$, uzbrojonej zaś tylko 0,0054 \$, czyli iż stosunek obu tych kosztów przedstawia się jak 5 : 1. Nie wdając się w bliższą ocenę tych dat, do której brak jest szczegółów, zaznaczyć muszę, iż na wspomnianej poprzednio drodze w Bruśniku, również znacznie korzystniej przedstawiało się utrzymanie jezdni uzbrojonej, niżli czysto betonowej. Niewątpliwie przyszłość dostarczy nam pod względem dat więcej i dokładniejszych, w każdym razie jednak już dzisiaj można wskazać również i na ten moment, jako przemawiający za zastosowaniem uzbrojeń w nawierzchniach betonowych w szerszej mierze, aniżeli to miało miejsce dotychczas.

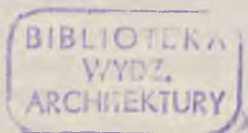
W końcu pragnę wskazać na ogłoszone w lutym br. wyniki doświadczeń nad płytami betonowymi, przeprowadzone na Politechnice w Hannoverze⁸⁾. Nie wdając się w bliższy ich opis nadmieniam, iż badaniom poddane zostały płyty betonowe nieuzbrojone, uzbrojone wkładkami okrągłymi, oraz wkładkami siatkowymi spawanymi i to tak z uwagi na tworzenie się rys, wynikających ze skurczu materiału z powodu różnic temperatury (w granicach od $+54^{\circ}\text{C.}$ do -25°C.), jakoteż z uwagi na pęknięcia z powodu ciągnięć mechanicznych. Płyta próbna *A* wykonana była bez uzbrojenia, *B* uzbrojona siatką spawaną o oczkach $7,5 \times 10,5\text{ cm}$ przy średnicy drutów podłużnych 5 mm , poprzecznych 4 mm , wreszcie płyta *C* posiadała analogiczne uzbrojenie z żelaza handlowego bez spawania. Ilość cementu wynosiła 375 kg/m^3 gotowej płyty, kruszywo 0—26 mm bazaltowe zestawione wedle najmniejszej ilości miejsc pustych, beton mieszany maszynowo, bardzo plastyczny z 10%-owym dodatkiem wody.

O ile w danych warunkach nie skonstatowano w żadnym z badanych elementów rys z powodu różnicy temperatur, to wybitne różnice wystąpiły w odniesieniu do ciągnięć mechanicznych. Mianowicie w płycie *A* (nieuzbrojonej) wystąpiło pęknięcie przy ciągnięciu 3.300 kg , co z uwagi na przekrój płyty, liczący 320 cm^2 daje ciągnięcie w betonie $\sigma_{bz} = 10,3\text{ kg/cm}^2$, w płycie *B* (siatka spawana) pierwsza rysa przy ciągnięciu 4.200 kg ($\sigma_{bz} = 12,6\text{ kg/cm}^2$), złamanie przy ciągnięciu 5.800 kg ($\sigma_e = 5,910\text{ kg/cm}^2$), wreszcie przy płycie *C* pierwsza rysa przy ciągnięciu 3.700 kg ($\sigma_{bz} = 11,1\text{ kg/cm}^2$), pęknięcie przy 4.300 kg ($\sigma_e = 4,380\text{ kg/cm}^2$).

⁸⁾ Prof. R. Otzen: Geschweisste Stahlgewebe und Schwindrisse in Betonstrassen. Die Betonstrasse Nr. 2 ex 1931.



Jak się z powyższego okazuje, próby na zerwanie wykazały powiększenie wytrzymałości przeciwko wytwarzaniu się rys o 27% przy wkładkach siatkowych spawanych, zaś 12% przy wkładkach zwykłych w porównaniu z płytą nieuzbrojoną. Jakkolwiek nie da się zaprzeczyć, że próby laboratoryjne nie dadzą się często bezwzględnie dostosować do warunków realnej rzeczywistości, to nie mniej jednak dały one bardzo cenne daty porównawcze, wykazują bardzo silną przewagę nowoczesnych wkładek siatkowych, spawanych.



BIBLIOTEKA
Zw. Bibliot. Poln.
Polska Warszawa

10 -



Depot of ZSA 1949/7

