Kierownik Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Sułocki

Redaktor naukowy publikacji Jerzy Sułocki

Opiniodawca prof. zw. dr hab. inż. Tadeusz Godycki-Ćwirko

-

NOTA OD WYDAWCY

W rozpoczynanej serii wydawniczej będą zamieszczane prace powstające w Katedrze Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej w ciągu ostatnich lat. Tematyka niektórych opracowań sięga jednak daleko wstecz i związana była przeważnie z inicjatywami naukowymi kolejnych Kierowników Katedry, począwszy od powstania Wydziału Budownictwa. I tak w 1956 roku powołano (obok innych Katedr) Katedrę Budownictwa Żelbetowego, którą objął organizator Wydziału profesor Władysław Kuczyński i prowadził ją przez kilkanaście lat. Tematyką badań zespołów naukowych profesora Władysława Kuczyńskiego były metody projektowania betonów o wymaganych właściwościach, badania siatkobetonu oraz kontynualna teoria żelbetu. Powstały wtedy publikacje wydawane jako osobne rozprawy w renomowanych czasopismach naukowych. Po przejęciu Katedry w 1969 roku przez profesora Tadeusza Godyckiego-Ćwirko, w latach od 1971 do 1990 Katedra Budownictwa Żelbetowego działała jako Zespół, a potem Zakład Konstrukcji Betonowych w Instytucie Inżynierii Budowlanej Wydziału Budownictwa i Architektury. Nie zmieniając merytorycznie katedralnej formy autoryzowanej działalności zespoły naukowe prowadziły pod kierunkiem profesora Tadeusza Godyckiego-Ćwirko badania doświadczalne z dziedziny mechaniki betonu, odkształcalności i nośności belek żelbetowych i częściowo sprężonych, tarcz, wsporników słupów, ustrojów płytowo-słupowych, słupów zwykłych i uzwojonych, a także odkształcalności reologicznej betonu i technologii betonu zwykłego i drobnoziarnistego.

Tematyka powyższa była prezentowana w rozprawach i w licznych wystąpieniach na konferencjach naukowych (np. w Krynicy), jednakże pełne oryginalne pomiary nie były dotychczas udostępniane czytelnikom.

W lutym 1990 roku została przywrócona orgnizacyjnie Katedra Budownictwa Betonowego pod kierunkiem profesora Jerzego Sułockiego. Zespoły naukowe kontynuują tematykę powyżej podaną, korzystając z dobrze wyposażonej hali laboratoryjnej z płytą wielkich sił, zestawem urządzeń nastendowych oraz komorą do badań reologicznych.

Oddawany obecnie pierwszy zeszyt wydawnictwa katedralnego inauguruje serię publikacji zawierających pełne zestawy pomiarów przeprowadzonych w laboratorium doświadczalnym. Prezentowane materiały stanowią w naszym przeświadczeniu dużą wartość poznawczą i mogą być wykorzystywane wszechstronnie w różnych ośrodkach zajmujących się wspólną tematyką, a także przez projektantów przy opracowaniach porównawczych dla praktyki inżynierskiej.

Z tą intencją przekazujemy zainteresowanym pierwszy zeszyt z serii p.t. "Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych".

Łódź, kwiecień 1991

Jerzy Sułocki

BADANIA DOŚWIADCZALNE ELEMENTÓW I KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH ZESZYT 1

Badania jednoprzęsłowych tarcz ze wspornikami

Danuta Ulańska

Łódź 1991 Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej

Streszczenie

Zbadano 8 jednoprzęsłowych tarcz z dwustronnymi wspornikami. Wszystkie tarcze miały stałą wysokość H = 1,0 m; rozpiętość przęsła l = 1,00 m oraz grubość t = 0,08 m. Elementy podzielone były na dwie serie: seria pierwsza (TG-1) składała się z 4 tarcz, których wsporniki miały wysięg $l_k = 1,0$ m (H/ $l_k = 1$), seria druga o symbolu TG-2 – z 4 tarcz o $l_k = 0,5$ m (H/ $l_k = 2$). W każdej serii dla dwóch tarcz zaprojektowane było zbrojenie ortogonalne (elementy TG-1/O i TG-2/O) i dla dwóch zbrojenie trajektorialne (TG-1/t, TG-2/t). Każde z tych zbrojeń wykonano w dwóch wersjach: "s" dostosowane do wyznaczonego stanu naprężenia wg teorii sprężystości, "f" dostosowane do stanu naprężenia po zarysowaniu.

Wszystkie tarcze wykonano z betonu o wytrzymałości kostkowej bliskiej 30 MPa i zazbrojono stalą 34GS. Tarcze serii pierwszej miały współczynnik zbrojenia głównego nad podporą równy $\mu_a = 0.83\%$, serii drugiej $-\mu_a = 0.3\%$.

Tarcze obciążone były 4 siłami skupionymi usytuowanymi na górnej krawędzi modeli, po jednej na końcach wsporników i po dwie w środku przęsła. Elementy zostały obciążane do wartości 4P = 200 kN i odciążane do zera trzykrotnie, a następnie obciążane były skokowo przy przyroście siły co 4P = 200 kN, aż do zniszczenia. Przy każdym skoku obciążenia prowadzone były pomiary:

– ugięć,

- odkształceń stali zbrojeniowej we wszystkich prętach poziomych, odgiętych i strzemionach,
- odkształceń betonu na bocznej powierzchni tarcz,
- szerokości rozwarcia rys,

W pracy zamieszczono 19 tablic, w których zestawiono wyniki pomiarów.

Zamieszczono również inwentaryzację propagacji rys na powierzchniach tarcz oraz analizę stanu zarysowania i ugięć. W sposób graficzny pokazano odkształcenia betonu ε_x i ε_y na wysokości elementów w wybranych przekrojach oraz rozkład naprężenia w zbrojeniu głównym i strzemionach w funkcji obciążenia.

Przedstawiono rozkłady sił i naprężeń normalnych w przekrojach tarcz oraz opisano sposób wyczerpania nośności poszczególnych elementów.

Otrzymane rezultaty pozwoliły ocenić skuteczność różnie ukształtowanego zbrojenia w przypadkach zabezpieczenia tarcz przed nadmiernie szerokimi rysami oraz zapewnienia maksymalnej sztywności i nośności wsporników.

Research on Single Span Deep Beams with Brackets

Summary

Eight plain single-span deep beams with two – side brackets were examined. All deep beams were of constant height (H = 1,0 m), span length l = 1,0 m and thickness (t = 0,08 m). The elements were divided into two series: the first one (TG-1) consisting of 4 deep beams with bracket length of $l_k = 1,0$ m (H/ $l_k = 1$), the second one (TG-2) consisting of 4 deep beams with $l_k = 0,5$ m (H/ $l_k = 2$). In each series for two deep beams on ortogonal reinforcement (elements TG-1/O and TG-2/O) and for other two – trajectorial reinforcement (TG-1/t, TG-2/t) was designed. Each of these reinforcements was made in two versions: "s" – adjusted to the stress state calculated according to the theory of elasticity and "f" – adjusted to the stress state after cracking.

All deep beams were made of concrete of cubic strength about 30 MPa, reinforced with 34GS steel. The main reinforcement ratio above the support for the first series was equal to $\mu_a = 0.83\%$, for the second series $\mu_a = 0.3\%$.

The deep beams were loaded with 4 concentrated forces applied at the upper edge of the models: one at each brackets end, and two in the middle of span. Elements were loaded to 4P = 200 kN and unloaded three times. Then they were loaded in steps with the force increment equal to 4P = 200 kN, till failure.

At each step the following parameters were measured:

- deflections,
- strains in all horizontal, inclined and stirrup reinforcement bars,
- strains in concrete at the side surface,

- cracks width.

The results are shown in 19 tables. The inventory of crack propagation at the deep beam surfaces, analysis of crack state and deflections are given. Concrete strains ε_x and ε_y at elements height for selected cross-sections and also the stress distributions in main reinforcement and in stirrups are presented in the graphical form. Force and normal stress distributions in cross-sections are shown, the type of failure for each particular element is described.

The obtained results allow to estimate the effectiveness of various types at reinforcement designed for the protection of deep beams against wide cracks and to get the maximum stiffness and load capacity of brackets.

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	47
2. PROGRAM BADAŃ	47
3. PROJEKTOWANIE I WYKONANIE ELEMENTÓW	48
3.1. Geometria tarcz	48
3.2. Zbrojenie	48
3.3. Wykonanie elementów	50
3.4. Materiały	54 54 55
4. OPIS BADAŃ	57
4.1. Stanowisko badawcze i sposób obciążania	57
4.2. Zakres i metodyka pomiarów	57
5. STAN ZARYSOWANIA	57
6. UGIĘCIA	62
7. WYTĘŻENIE BETONU I STALI	62
 7.1. Odkształcenie betonu	62 63 67
 7.2. Naprężenia w zbrojeniu tarcz	71 71 74
8. ROZKŁAD SIŁ I NAPRĘŻEŃ NORMALNYCH W PRZEKRO- Jach Tarcz zbrojonych ortogonalnie	77
9. NOŚNOŚĆ TARCZ	79

9.1. Tarcze	serii	TG-1	79
9.2. Tarcze	serii	TG-2	79

ZAŁĄCZNIK Wyniki pomiarów 81

1. WPROWADZENIE

Żelbetowe tarcze (belki-ściany) są podstawowymi elementami konstrukcyjnymi zbiorników i budynków wysokich. W tych ostatnich pełnią one najczęściej rolę tzw. ścian wiatrowych przejmujących na siebie siły poziome lub rolę rygli przenoszących duże obiążenia. Stosowane też są jako elementy wsporcze w podziemnych kondygnacjach w celu przeniesienia dużych sił skupionych na pasmowe fundamenty.

Dokładne wyznaczenie odkształceń i naprężeń w tarczach pełnych lub z otworami, o dowolnych kształtach, gładkich lub ze słupami, wykonanych z materiału homogenicznego i pracujących w zakresie odkształceń sprężystych nie przedstawia w chwili obecnej większych trudności.

Jednakże, w żelbetowych belkach ścianach (podobnie jak i w belkach smukłych) dopuszcza się powstanie rys w fazie eksploatacji, co powinny uwzględniać założenia obliczeniowe przy określaniu stanu granicznego nośności. Wprawdzie metoda elementów skończonych daje potencjalne możliwości śledzenia stanu naprężenia w obciążonych, zarysowanych tarczach zbrojonych lecz jak dotychczas skuteczność jej jest niewielka. Przebieg procesu zarysowania dźwigarów powierzchniowych jest trudny do odtworzenia w modelach teoretycznych ze względu na nieodwracalność stanu zarysowania i na zmienność zarysowania w miarę zwiększania obciążenia; rysy wcześniej powstałe mogą się rozwierać lub częściowo zamykać. W rysach zamykających się oraz poślizgowych między płaszczyznami rysy mogą występować siły tarcia (shear friction), zaś zbrojenie stawia tam opór zwany efektem klockującym (dowel action). Zjawiska te warunkują mechanikę pracy przekroju, odkształcenia zbrojenia i kierunki odkształceń głównych, co w konsekwencji wpływa na kierunki penetracji i na rozwarcie nowopowstałych rys wtórnych. Ten złożony proces morfologii rys w elementach powierzchniowych i wytężenia w stanie poprzedzającym zniszczenie są zatem do odtworzenia jedynie na modelach żelbetowych.

W ostatnich latach w wielu ośrodkach zagranicznych i krajowych podjęto prace nad opisaniem modeli fizycznych zarysowanego betonu oraz sformułowaniem równań konstytutywnych dla tych modeli. Przegląd tych prac zawiera między innymi Raport IABSE – V.54/1987 r. W kraju, problemem tym zajmują się naukowcy z Politechniki Wrocławskiej, Gliwickiej oraz Krakowskiej pod kieruniem prof. Z. Waszczyszyna.

Przedstawione w tej pracy badania tarcz w formie szczegółowych wyników pomiarów zestawionych w tablicach oraz na wykresach mogą posłużyć do weryfikacji teoretycznych modeli zarysowanych elementów (w dwukierunkowym stanie naprężenia).

Obszerne badania tarcz jedno i dwuprzęsłowych przedstawili Leonhardt i Walther w pracy [6] gdzie we wstępie autorzy podali przegląd badań belek-ścian wykonanych do 1965 r. Godne uwagi badania tarcz przeprowadził Godycki [2], [3]. Badaniami tarcz jednoprzęsłowych gładkich i ze słupami zajmują się obecnie Göttsche, Twelmeier [4], a także Walraven, Lehwalter [8]. W ich pracach podana jest obszerna literatura dotycząca tego problemu. W raporcie "Przecinanie" wykonanym dla Sekcji Konstrukcji Betonowych KILiW PAN, przytoczono także kilkadziesiąt pozycji literatury dotyczącej tarcz i problemu przecinania (streszczenie raportu [9]). W tej sytuacji, w niniejszej pracy, nie omawia się prac badawczych odsyłając czytelników do wyżej podanych źródeł.

W dotychczasowych pracach na ogół nie badano modeli tarcz wspornikowych w dużej skali i w proporcjach w jakich występują w obiektach rzeczywistych. Takie tarcze były przedmiotem badań prowadzonych w laboratorium Katedry Budownictwa Betonowego PŁ. Wykonano 16 tarcz jednoprzęsłowych ze wspornikami, w tym 8 tarcz gładkich i 8 tarcz ze słupami i obciążeniem pośrednim. W nieniejszej pracy prezentowane są badania 8 tarcz gładkich. Wykonano badania na pojedyńczych modelach, kładąc nacisk na dużą liczbę pomiarów oraz na maksymalną ich precyzję, co umożliwiło śledzenie stanu wytężenia przed i po zarysowaniu oraz przy wyczerpaniu nośności.

2. PROGRAM BADAŃ

Program badań obejmował wykonanie i zbadanie 8 tarcz gładkich, jednoprzęsłowych z dwustronnymi wspornikami. Założono stałą wysokość tarcz – H, rozpiętość przęseł – l oraz grubość tarcz – t. Parametrami zmiennymi były wysięg wsporników – l_k oraz sposób ukształtowania zbrojenia.

Że względu na wymiary wsporników badano dwie serie:

- pierwsza seria obejmowała 4 tarcze (oznaczone symbolem TG-1) ze wspornikami kwadratowymi $H/l_{k} = 1$,
- druga seria obejmowała również 4 tarcze (oznaczone symbolem TG-2) z krótszymi wspornikami $H/l_{k} = 2$.

W każdej serii dwie tarcze zbrojono ortogonalnie i dwie trajektorialnie. Każde z tych zbrojeń zróżnicowano w dwóch wersjach:

"s" dostosowane do wyznaczonego stanu naprężenia wg teorii sprężystości,

"f" dostosowane do stanu naprężenia po zarysowaniu. Oznaczenia tarcz zamieszczono w tabl. 1.

Tarcze gładkie, jednoprzęsłowe ze wspornikami	Seria 1	Seria 2
Wsporniki o stosunku H/l _k	1	2
Zbrojenie ortogonalne dostosowane do wyznaczonego stanu naprężenia z teorii sprężystości	TG-1/Os	TG-2/Os
po zarysowaniu	TG-1/Of	TG-2/Of
Zbrojenie trajektorialne dostoso- wane do wyznaczonego stanu naprężenia z teorii sprężystości	TG-1/ts	TG-2/ts
po zarysowaniu	TG-1/tf	TG-2/tf

TABLICA 1. Oznaczenie badanych tarcz

Przyjęto, że wszystkie elementy badawcze wykonane są z betonu o wytrzymałości $R_{\not \square_{15}} = 30 \text{ MPa}$ i zbrojone stalą 34GS. Tarcze obciążane są symetrycznie czterema

siłami skupionymi usytuowanymi na górnej krawędzi modeli (po jednej na końcach wsporników i po dwie w środku przęsła). Przyłożenie sił skupionych na końcach wsporników może odwzorowywać obciążenie wyższych kondygnacji budynku (bez uwzględnienia sztywności giętnej tych kondygnacji) lub podwieszonymi ścianami osłonowymi.

3. PROJEKTOWANIE I WYKONANIE ELEMEN-TÓW

3.1. Geometria tarcz

Stosowane w budynkach tarcze mają zwykle wysokość równą wysokości kondygnacji tj. około 3,0 m. Wykorzystując gabaryty maszyny obciążającej znajdującej się na wyposażeniu laboratorium zdecydowano się na badania tarcz wykonanych w skali 1:3.

Kształty modeli oraz ich wymiary podano na rys. 1.

3.2. Zbrojenie

Dla założonego obciążenia wykonano obliczenia statyczne tarcz izotropowych metodą elementów skończonych zakładając, że tarcze pracują w stanie sprężystym. Podział tarcz na elementy podaje rys. 2. Dla każdego elementu w 9 punktach Gaussa wyznaczono stan naprężenia (σ_x , σ_y , τ_{xy}) i składowe naprężeń głównych σ_1 i σ_2 oraz kąty ich nachylenia do poziomu. Rozkład trajek-



Rys. 1 Kształt i wymiary badanych tarcz

finite element mesh

48

				1			T				ļ			
TG-1				oo bodpory			<u>symetrii</u>	TG - 2			bodpory			symetri
6	12	18	24	30	36	42	48	6	12	18	24	30	36	42
5	11	17	23	29	35	41	47	5	11	17	23	29	35	41
4	10	16	22	28	34	40	46	4	10	16	22	28	34	40
3	9	15	21	27	33	39	45	3	9	15	21	27	33	39



Rys. 2 Podział tarcz na elementy do obliczeń metodą MES

torii naprężeń głównych tarcz serii 1 i 2 podaje rys. 3. Do wymiarowania tarcz serii TG-1 wykorzystano stan naprężenia uzyskany przy obciążeniu 4P = 1200 kN, zaś dla tarcz serii TG-2 stan naprężenia przynależny obciążeniu 4P = 800 kN.

Wykresy stanu naprężenia σ_x , σ_y , τ_{xy} dla niektórych,



Rys. 3 Trajektorie naprężeń głównych tarcz TG-1, TG-2

wyróżnionych przekrojów tarcz serii TG-1 i TG-2 zostały przedstawione na rys. 4 i 5.

Wykorzystując wyniki obliczeń statycznych dla stanu sprężystego zaprojektowano zbrojenie ortogonalne przy założeniu przejęcia przez pręty poziome rozciągania (σ_x) i przez strzemiona ścinania (τ_{xy}). Naprężenia ściskające σ_y bezpiecznie przenosi sam beton poza strefą przypodporową, gdzie wprowadzono dodatkowe zbrojenie pracujące na ściskanie (tarcze TG-1/Os, TG-2/Os). w postaci strzemion zamkniętych. Pręty odgięte kończono pionowymi hakami. Zdjęcia zbrojenia tarcz TG-2/Of i TG-2/tf podaje rys. 10.

3.3. Wykonanie elementów

Przed ukształtowaniem przestrzennym zbrojenia naklejano na stal tensometry elektrooporowe i zabezpieczano



Rys. 4 Obliczony stan naprężenia w wybranych przekrojach tarczy TG-1

Analogicznie, na podstawie obliczonego stanu naprężenia σ_1 i σ_2 określono zbrojenie trajektorialne tarcz TG-1/ts i TG-2/ts, w których układ prętów został dostosowany do trajektorii głównych naprężeń rozciągających.

Zbrojenie tarcz (TG-1/Of, TG-2/Of i TG-1/tf, TG-2/tf), dostosowane do stanu naprężenia panującego po zary-

Rys. 5 Obliczony stan naprężenia w wybranych przekrojach tarczy TG-2

je przed wilgocią i uszkodzeniem mechanicznym. Tarcze betonowano w sztywnej, rozbieralnej formie stalowej, pionowej. Mieszanka betonowa przygotowywana była w betoniarce 150-litrowej. Mieszanka z dwóch lub trzech zarobów mieszana była w skrzyni, a następnie układana warstwami w formie i zagęszczana wibratorem wgłębnym o częstotliwości 50 Hz. Równocześnie z betonowaniem tarczy, z tej samej mieszanki betonowej wykonywano 9 do 12 próbek sześciennych o boku 15 cm oraz 6 próbek walcowych ø 15/30. Próbki zagęszczane były na stole wibracyjnym z częstotliwością 50 Hz. Po rozformowaniu elementy i próbki polewane były wodą przez 3 dni, a następnie aż do dnia badania przechowywane były w hali pod folią.

.

sowanu betonu, zaprojektowano przy uwzględnieniu zaleceń publikowanych w pracach [1] do [7] i [10]. W celu uniknięcia miażdżenia betonu w miejscach kontaktowych z siłami skupionymi zastosowano dodatkowe zbrojenie lokalne na docisk. Ukształtowanie zbrojenia tarcz pokazano na rys. 6, 7, 8 i 9. We wszystkich tarczach zbrojenie poziome kończono poziomymi pętlami, zaś pręty pionowe wykonano



Rys. 6 Zbrojenie tarcz TG-1/Os i TG-1/Of



$TG-1/t_s$

Stal 34 GS Zbroj. główne µa = 0,83 %

Zbroj na docisk St SN SN SN **# Ø**6 3 - 3 # Ø6 - 3 # Ø10

$TG - 1/t_{f}$

Stal 34 GS

Zbroj. główne µa = 0,83 %





Rys. 8 Zbrojenie tarcz TG-2/Os i TG-2/Of, TG-2/ts

•



Kształt prętów









Rys. 10 Zdjęcia zbrojenia tarcz TG-2/Of i TG-2/ts

3.4. Materiały

3.4.1. Stal

Do zbrojenia tarcz użyto stali prętowej, żebrowanej klasy A-III o znaku 34GS, o średnicach nominalnych

ø6, ø8, ø10. Z prętów, o każdej użytej średnicy, pobrano próbki do badań wytrzymałościowych. Wyniki badań zestawiono w tablicy 2, zaś zależność $\sigma_a - \epsilon$ podano na rys. 11.

TABLICA 2. Cechy wytrzymałościowe stali zbrojeniowej

	Stal żebrowana 34GS													
śred	nica													
nomi- nalna	zastępcza wyzna- czona doświad.	przekrój pręta	granica plastycz- ności	wytrzy- małość na zer- wanie	współ- czynnik sprę- żystości									
ø	d	f _a	R _e	R _m	E _a									
mm	mm	mm ²	MPa	МРа	MPa									
ø6	6,61	34,45	429,5	682,0	204 180									
ø8	7,99	50,14	465,3	707,4	218 430									
ø 10	10,15	80,86	448,0	661,8	200 470									



Rys. 11 Relacja $\sigma_a - \varepsilon$ dla stali 34 GS. Wykresy dla prętów o średnicy \emptyset 6 mm, \emptyset 8 mm i \emptyset 10 mm

3.4.2. Beton

Zaprojektowana mieszanka betonowa miała następujący skład:

- cement portlandzki "350" z cementowni "Warta" – 370 kg/m³ - piasek o uziarnieniu $0 \div 2 \text{ mm}$ z kopalni "Stoki" – 445 kg/m³ - pospółka o średnicy ziarn $d \le 20 \text{ mm}$ ze Śląskich Zakładów Eksploatacji Kruszyw – 1333 kg/m³ - woda – 205 l w/c = 0,55

konsystencja plastyczna (Ve Be - 9 sek.).

Wyniki badania cementu oraz krzywa uziarnienia uzyskanego kruszywa odpowiadają wymogom jakościowym aktualnych norm.

W dniu badania elementów określano wytrzymałość betonu na ściskanie na 6 próbkach sześciennych o boku

TABLICA 3. Cechy wytrzymałościowe betonu

	Wytrzym	Współ-		
Symbol tarczy	na ści- skanie R _{⊄15}	na rozcią- ganie R _r	wytrzy- małość słupowa R _s	E _b [MPa]
TG-1/Os	28,8	2,7	25,3	$20,99 \cdot 10^{3}$
TG-1/Of	26,9	2,3	22,5	$20,29 \cdot 10^3$
TG-1/ts	29,3	2,4	22,1	$20,73 \cdot 10^3$
TG-1/tf	35,4	2,9	27,6	$23,86 \cdot 10^3$
TG-2/Os	31,9	2,6	25,9	$20,90 \cdot 10^3$
TG-2/Of	31,5	2,5	23,4	$22,31 \cdot 10^3$
TG-2/ts	28,5	1,9	21,4	$20,48 \cdot 10^{3}$
TG-2/tf	26,1	2,1	21,0	$19,84 \cdot 10^{3}$





15 cm i na rozciąganie metodą rozłupywania na 3 do 6 kostkach o boku 15 cm. Ponadto badano wytrzymałość słupową oraz zależność $\sigma_b - \varepsilon$ na 6 próbkach walcowych ø 15/30. Średnie wartości cech wytrzymałościowych wszystkich betonów zestawiono w tablicy 3, zaś funkcje zależności $\sigma_b - \varepsilon$ przedstawiono graficznie na rys. 12 i 13.

Rys. 14 Schemat stanowiska do badania tarcz



4. OPIS BADAŃ

4.1. Stanowisko badawcze i sposób obciążania

Schemat stanowiska badawczego do obciążania tarcz przedstawiono na rys. 14. Stanowisko to zostało dostosowane do wykorzystania prasy typu DB 600. Pracowano na zakresie obciążeń do 2000 kN. Bezpośrednie przekazywanie obciążenia na tarczę odbywało się poprzez podkładki stalowe o wymiarach 200 × 100 × 60 mm mocowane na tarczy na zaprawie cementowej. Tarcza umieszczona na stanowisku badawczym obciążana była równocześnie czterema siłami o tej samej wartości. Wstępnie obciążano element trzykrotnie do wartości siły 4P = 200 kN. Następnie przykładano obciążenie skokowo od 0 aż do siły niszczącej element – co 30 minut. Przyrost obciążenia wynosił początkowo 4P = 100 kN do momentu zarysowania betonu i dalej co 4P = 200 kN aż do zniszczenia.

4.2. Zakres i metodyka pomiarów

Przy każdym skoku obciążenia prowadzone były pomiary: ugięć, odkształceń stali zbrojeniowej, odkształceń betonu oraz szerokości rozwarcia rys. Mayes and Son) o bazach 100 i 200 mm z dokładnością odczytu $2 \cdot 10^{-5}$ i $1 \cdot 10^{-5}$. Rozmieszczenie baz podano na rys. 16.

Przy każdym skoku obciążenia oznaczano propagację rys oraz numerowano rysy nowopowstałe. Szerokość rozwarcia rys mierzono lupą o 24-krotnym powiększeniu z najmniejszą podziałką 0,05 mm. Duże powiększenie pozwalało na dość dokładne oszacowanie szerokości mniejszej od 0,05 mm. Pomiar szerokości rys prowadzono na trzech poziomach usytuowanych w odległości 5 cm, 25 cm i 50 cm od górnej krawędzi tarczy.

W Załączniku zestawiono w tablicach wyniki pomiarów dla 8 zbadanych tarcz.

5. STAN ZARYSOWANIA

We wszystkich badanych tarczach pierwsze rysy powstały w miejscu największego wytężenia strefy rozciąganej, nad podporami. Dostrzeżenie pierwszej widocznej rysy na powierzchni betonu nie jest obiektywną miarą zarysownia, pozwala jednak w przybliżeniu na ocenę stopnia zaawansowania obciążenia przy rozpoczynającej się penetracji rys w elemencie. Uwzględniając różną wytrzymałość betonu badanych tarcz, do dalszej analizy wprowadzono sprowadzoną wartość sił, stosując współczynniki przeliczeniowe wg wzoru (1)



Rys. 15 Rozmieszczenie czujników do pomiaru ugięć oraz poziomów odczytu szerokości rys

Przemieszczenia tarczy mierzono za pomocą czujników zegarowych o dokładności 1/100 mm i zakresie 10 mm rozmieszczonych zgodnie z rys. 15.

Odkształcenia stali zbrojeniowej mierzono za pomocą tensometrów elektrooporowych typu P_bKn 10/140 i 20/140 naklejanych na pręty zbrojenia przed betonowaniem. Mostek tensometryczny umożliwiał rejestrację odkształceń z dokładnością do $2 \cdot 10^{-6}$. Ze względu na różnorodność zbrojenia tarcz rozmieszczenie punktów pomiarowych, ustalano indywidualnie dla każdego elementu (patrz rysunki przy tablicach 3.1 do 3.6 w Załączniku). Jako zasadę przyjęto pomiar odkształceń na wszystkich prętach poziomych w przekrojach: w środku przęsła, nad podporą i w połowie wysięgu wspornika. Odkształcenia strzemion mierzono na poziomach 0,1 H, 0,5 H i 0,9 H (H – wysokość tarczy).

Na powierzchni bocznej tarcz mierzono odkształcenia betonu za pomocą ekstensometrów nasadowych (firma

$$\alpha = \frac{1}{P_1} \frac{E_{b1}}{E_{bi}}$$

P. E. .

w którym:

P₁, P_i – siły obciążające wsporniki pierwszej tarczy w serii oraz "i" tej tarczy

 E_{b1} , E_{bi} – moduły sprężystości betonu dla 1 i "i" tej tarczy

TABLICA 4.	Obciążenie	rysujące
------------	------------	----------

Symbol	Obciąz	żenie ry [kN]	ysujące	Symbol	Obciążenie rysujące [kN]				
elementu	P _r	α	P _{r spr.}	elementu	Pr	α	P _{r spr.}		
TG-1/Os	75	1	75	TG-2/Os	125	1	125		
TG-1/Of	100	1,38	138	TG-2/Of	150	1,12	168		
TG-1/ts	75	1,01	76	TG-2/ts	120	0,98	118		
TG-1/tf	100	1,17	117	TG-2/tf	125	1,05	102		

(1)

W tablicy 4 zestawiono siły rysujące w odniesieniu do wsporników tarcz o różnie ukształtowanym zbrojeniu. Jak wynika z powyższego zestawienia, sposób zbrojenia nie miał istotnego wpływu na obciążenia rysujące. Tarcze zbrojone w sposób dostosowany do pracy w fazie II zarysowały się przy nieco wyższym obciążeniu, ponieważ główne zbrojenie było bardziej skoncentrowane przy krawędzi rozciąganej nad podporą.



Rys. 16 Rozmieszczenie baz do pomiaru odkształceń betonu



Rys. 17 Zarysowane tarcze TG-1/Os, TG-1/Of, TG-1/ts



Rys. 18 Zarysowane tarcze TG-1/tf, TG-2/Os, TG-2/Of



Rys. 19 Zarysowane tarcze TG-2/ts, TG-2/tf

Wsporniki kwadratowe zarysowały się przy sile równej około 1/4 obciążenia niszczącego. Na wspornikach o $H/l_k = 2$ rysy wystąpiły przy 0,27 \div 0,5 Pn.

Obraz rys na powierzchniach tarcz zinwentaryzowany po zniszczeniu elementu pokazano na rys. 17, 18 i 19. Porównując dyslokację rys na wspornikach tarcz serii TG-1 i TG-2 należy stwierdzić, że w serii drugiej przyczyną powstania rys były przede wszystkim siły tnące. Usytuowanie rys pomiędzy krawędziami podkładek pod siłami (patrz tarcza TG-2/Os), w postaci dużej liczby krótkich rys rozmieszczonych na całej wysokości przekroju, wskazuje na poślizgowo-rozdzielczy charakter ich powstania.

Zależność maksymalnego rozwarcia rys a_f oraz Σa_f od siły obciążającej P w odniesieniu do wsporników poka-

wg polskiej normy – $a_f = 0.2$ mm występuje przy wartości $0.5 \div 0.7$ obciążenia niszczącego, zaś rozwarcie rysy $a_f = 0.3$ mm przy poziomie obciążenia $0.65 \div 0.85$.



sny obciązającej r w odmesieniu do wspołników pokazano na rys. 20 i 21. Jak wynika z przedstawionych wykresów w przypadku wsporników o $H/l_k = 1$ zbrojenie trajektorialne okazało się o wiele korzystniejsze od zbrojenia ortogonalnego z powodu znacznie mniejszych szerokości rozwarcia rys przy tym samym obciążeniu. Zależność ta nie dotyczy wsporników krótkich o $H/l_k = 0,5$. Rozwarcie maksymalne – dopuszczalne







6. UGIĘCIA

Wsporniki tarcz są elementami o znacznej sztywności, a przemieszczenia końca wspornika zależą nie tylko od ilorazu H/l_k , ale również od szerokości podpory (w omawianych badaniach stałej).

Pomierzone, doraźne ugięcia końca wspornika w funkcji obciążenia przedstawiono graficznie na rys. 22 i 23.

W przypadku tarcz serii TG-2 o $H/l_k = 2$ ukształtowanie zbrojenia nie ma wpływu na przemieszczenia wspornika (rys. 22), natomiast przemiszczenia wsporników kwadratowych zbrojonych trajektorialnie (rys. 23) są znacznie mniejsze (około 40%) od przemieszczeń wsporników zbrojonych ortogonalnie (przy tym samym stopniu zbrojenia). Ma to związek z charakterem zarysowania wsporników tarcz. W fazie eksploatacji pomierzone ugięcia wsporników zarysowanych były 2 do 3 razy większe od obliczonych przy założeniu sprężystej pracy jednorodnych elementów. Jeżeli przyjmiemy, że dopuszczalne ugięcie wsporników określone w normie jako $l_k/150$ dotyczą również



Rys. 22. Zależność ugięć wsporników od siły obciążającej w przypadku wszystkich tarcz serii TG-2 i tarcz TG-1 zbrojonych ortogonalnie





wsporników tarcz, to tak znaczne ugięcia pomierzono przy obciążeniu bliskim obciążeniu niszczącemu.

7. WYTĘŻENIE BETONU I STALI

7.1. Odkształcenia betonu

Wyniki pomiarów odkształceń betonu, w przypadku gdy rysa przecięła bazę pomiarową, obejmują sumę wydłużenia betonu i szerokości rysy w stosunku do długości bazy.

Pomierzone wartości odkształceń betonu na powierzchni tarcz zestawiono w tablicach Załącznika. Na rysunkach zamieszczonych w tym rozdziale, odkształcenia betonu rozciąganego ograniczono do $\varepsilon = 0,2\%$, to jest do wartości bliskiej odkształceniom granicznym przed zarysowaniem.



Rys. 24 Wykresy odkształceń betonu ε_x na wysokości przekrojów w środku przęsła i nad podporą dla tarczy TG-1/Os

7.1.1. Tarcze serii TG-1

Dla wybranych obciążeń sporządzono wykresy rozkładu poziomych odkształceń betonu ε_x na wysokości przekrojów: w środku przęsła tarczy i nad podporą (rys. 24, 25, 26, 27). Odkształcenia betonu przed zarysowaniem co do wartości i rozkładu odpowiadają obliczonym dla tarczy jednorodnej w zakresie pracy sprężystej. Po zarysowaniu betonu, w środku rozpiętości przęsła, odkształcenia ujemne (skrócenia) sięgają od 0,2 \div 0,3 H, a wartości odkształceń skrajnych włókien ściskanych nie przekraczają $\varepsilon_x = 0,5\%$. Jest to zgodne z rzeczywistym, niewielkim wytężeniem tego przekroju.

W przekroju podporowym w tarczach TG-1/Os i TG-1/ts, przy wyższych stopniach zaawansowania obciążenia zasięg odkształceń betonu ściskanego jest większy niż w tarczach TG-1/Of i TG-1/tf. Rozkład odkształceń betonu ε_y na powierzchni tarcz podano na przykładzie tarczy TG-1/Os i TG-1/tf (rys. 28). W tarczach o zbrojeniu ortogonalnym odkształcenia betonu (i obliczona składowa naprężenia σ_y) w przekroju pod siłą skupioną na końcu wspornika są znacznie niższe od przewidywanych.



Odkształcenia betonu E_x [‰] w środku przęsła

Rys. 25 Wykresy odkształceń betonu ε_x na wysokości przekrojów w środku przęsła i nad podporą dla tarczy TG-1/Of



Rys. 26 Wykresy odkształceń betonu ε_x na wysokości przekrojów w środku przęsła i nad podporą dla tarczy TG-1/ts



Odkształcenia betonu ϵ_x (∞) w środku przesła

Rys. 27 Wykresy odkształceń betonu ε_x na wysokości przekrojów w środku przęsła i nad podporą dla tarczy TG-1/tf



Rys. 28 Wykresy odkształceń betonu ε_y na wysokości tarczy TG-1/Os i TG-1/tf

7.1.2. Tarcze serii TG-2

Dla tarcz tej serii odkształcenia betonu ε_x i ε_y umieszczono na tych samych rysunkach (rys. 29, 30, 31 i 32). Ułatwia to ocenę wytężenia i charakteru pracy elementów. Beton ściskany i rozciągany współdziała ze stalą w przenoszeniu stanu naprężenia na znacznej wysokości przekroju, a rozkład odkształceń jest wynikiem działania siły przecinającej i w mniejszym stopniu zginania.



Odkształcenia betonu ϵ_x [‰] w środku przęsła

Rys. 29 Wykresy odkształceń betonu ϵ_x i ϵ_y w wybranych przekrojach tarczy TG-2/Os





€x [‱] w środku przęsła



Rys. 30 Wykresy odkształceń betonu ϵ_x i ϵ_y w wybranych przekrojach tarczy TG-2/Of

Odkształcenia betonu \mathcal{E}_{X} [‰] w środku przęsła



Rys. 31 Wykresy odkształceń betonu ϵ_x i ϵ_y w wybranych przekrojach tarczy TG-2/ts



Rys. 32 Wykresy odkształceń betonu ε_x i ε_y w wybranych przekrojach tarczy TG-2/tf

7.2. Naprężenia w zbrojeniu tarcz

Wartości naprężenia w stali określono na podstawie doświadczalnie wyznaczonych zależności $\sigma_a - \epsilon$ (rys. 11) dla wszystkich średnic prętów zastosowanych w tarczach. W pracy ograniczono się do graficznego przedstawienia naprężeń w stali w przekrojach podporowych tarcz i na długości prętów – w tarczach zbrojonych trajektorialnie.

7.2.1. Tarcze serii TG-1

Wykresy rozkładu naprężenia w stali na wysokości przekroju podporowego tarcz zamieszczono na rys. 33. Z porównania tych wykresów wynika, że w przypadku





72 Rys. 33 Rozkład naprężenia w zbrojeniu na wysokości przekroju podporowego w tarczach serii TG-1



Rys. 34 Rozkład naprężenia w stali, w zbrojeniu trajektorialnym w tarczach TG-1/ts i TG-1/tf

koncentracji zbrojenia głównego blisko krawędzi rozciąganej (tarcze TG-1/Of i TG-1/tf) poziome zbrojenie na wysokości przekroju jest słabo wykorzystane (jego prze-



Rys. 35 Przyrost naprężenia w stali strzemion w funkcji obciążenia dla tarcz TG-1/Of i TG-1/tf. Pomiar w połowie wysokości strzemion



krój mógłby być zredukowany). Przy równomierniejszym rozłożeniu zbrojenia rozciąganego w przekroju (tarcze TG-1/Os, TG-1/ts) nawet w prętach odległych od krawędzi rozciąganej naprężenia w stali są znaczne.

Różnice w wytężeniu zbrojenia trajektorialnego tarcz TG-1/ts i TG-1/tf można prześledzić na rys. 34. Równomierniej, bez zbytnich koncentracji naprężeń wykorzystane jest zbrojenie tarczy TG-1/ts, w której pręty na wsporniku odgięte są pod kątem $10^{\circ} \div 45^{\circ}$.

Naprężenia w strzemionach w funkcji obciążenia tarcz pokazane na rys. 35 i 36 należy analizować w nawiązaniu do rysunków rozmieszczenia punktów pomiarowych (rysunki w Załączniku) i rysunków inwentaryzacji rys. Wybrane wykresy dotyczą naprężeń w połowie wysokości strzemion pionowych.

Strome rysy w tarczach TG-1/Of i TG-1/tf przecinają niewielką liczbę strzemion i dlatego prawie wszystkie strzemiona w całym zakresie obciążeń pozostają ściskane, a naprężenia w środku wysokości wsporników nie przekraczają wartości 120 MPa. W tarczach TG-1/Os i TG-1/ts rysy nachylone pod mniejszym kątem do poziomu niż w poprzednich przecinają większą liczbę strzemion co powoduje, w obszarze rysy, powstanie w nich naprężeń rozciągających.

7.2.2. Tarcze serii TG-2

W przekroju podporowym tarcz tej serii poziome pręty zbrojenia są rozciągane na całej wysokości przekroju z wyjątkiem skrajnego pręta przy podporze (rys. 37). Taki stan naprężenia występuje w przekrojach żelbetowych poddanych nożycowemu działaniu sił tnących



Rys. 38. Przyrost naprężenia w stali strzemion w funkcji obciążenia dla tarcz TG-2/Of i TG-2/tf

(przecinaniu). Przemieszczenie w rysach poślizgowo-rozdzielczych, na odcinku zazębiania się powierzchni rys, wywołuje naprężenia rozciągające w zbrojeniu przecinającym rysę. We wszystkich strzemionach tej serii, w punktach pomiarowych występują naprężenia ściskające. Na rysunku 38 pokazano przyrost naprężenia w prętach w połowie ich wysokości przy wzrastającej sile obciążającej tarcze TG-2/Of i TG-2/tf.

Rys. 36 Przyrost naprężenia w stali strzemion w funkcji obciążenia dla tarcz TG-1/Os i TG-1/ts



Rys. 37. Rozkład naprężenia w stali, w zbrojeniu trajektorialnym w tarczach TG-2/ts i TG-2/tf





Rys. 39 Rozkład sił i naprężeń normalnych w przekrojach tarczy TG-1/Os

8. ROZKŁAD SIŁ I NAPRĘŻEŃ NORMALNYCH W PRZEKROJACH TARCZ ZBROJONYCH ORTOGONALNIE

Naprężenia ściskające w betonie, w płaskim stanie naprężenia obliczono wg wzorów (1.a, b)

$$\sigma_{\mathbf{x}} = \frac{\varepsilon_{\mathbf{x}} + v\varepsilon_{\mathbf{y}}}{1 - v^2} \cdot \mathbf{E}_{\mathbf{b}} = \bar{\varepsilon}_{\mathbf{x}} \cdot \mathbf{E}_{\mathbf{b}}$$
(1.a)

$$\sigma_{y} = \frac{\varepsilon_{y} + v\varepsilon_{x}}{1 - v^{2}} \cdot E_{b} = \bar{\varepsilon}_{y} \cdot E_{b}$$
(1.b)

Współczynnik Poissona przyjęto jako wartość stałą równą v = 1/6. Dla wyliczonych odkształceń zastępczych $\bar{\epsilon}_x$ i $\bar{\epsilon}_y$ wartości σ_x i σ_y odczytywano z doświadczalnie wyznaczonych zależności $\sigma_b - \epsilon$ (rys. 12, 13) dla betonu w jednoosiowym stanie naprężenia. Dla betonu zbrojonego, w obszarze niesprężystym przy dwukierunkowym stanie naprężenia są to więc wartości przybliżone. Przy analizie wyników badań należy posłużyć się jedną z hipotez dokładniej opisujących taki stan wytężenia elementu.

Obliczony – w oparciu o pomierzone odkształcenia betonu i stali – rozkład sił i naprężeń w przekroju podporowym i w środku rozpiętości przęsła tarczy TG-1/Os przedstawiono w formie graficznej na rys. 39, w przekroju podporowym tarczy TG-1/Of na rys. 40. Na rysunkach tych widać jak duże jest ramię sił wewnętrznych w przekrojach normalnych zarysowanej tarczy w fazie obciążeń eksploatacyjnych. Przy wysokim stopniu zaawansowania obciążeń ramię sił wewnętrznych nieco maleje, gdyż kolejne pręty zbrojenia, bardziej odległe od krawędzi rozciąganej, osiągają naprężenia bliskie granicy plastyczności stali.

Analogiczny rozkład sił i naprężenia dla tarcz TG-2/Os i TG-2/Of podano na rys. 41 i 42. W przekroju podporowym tych tarcz beton współdziała w przenoszeniu naprężeń normalnych na wysokości nie mniejszej niż H/2.



Rys. 40 Rozkład sił i naprężeń normalnych w przekroju podporowym tarczy TG-1/Of



x ≈ 50 40cm (do wysokości С С

6,8

1,8

2,9

0,16

0,16

0,16

0,67



N = 4 P = 800 kN = 0,63 Nn N = 4P = 1200 kN = 0.95 Nn, d'= 0,08 H d = 0,10 Hd'= 0,10 H d ≈ 0,17 H ,

0

1,78 MPa

6,47

D = 1**72** kN

1,78

3,75

0,76

11.0

wys.

(qo

Е С

= 82

11

N

Rys. 42 Rozkład sił i naprężeń normalnych w przekroju podporowym tarczy TG-2/Of

78

20

2¢6

2¢6

9. NOŚNOŚĆ

W tarczach gładkich obciążonych siłami skupionymi bardzo ważne jest zabezpieczenie betonu na docisk pod siłami. W badaniach próbnych okazało się, że zbrojenie na docisk wyliczone wg obowiązujących przepisów zabezpiecza beton dość dokładnie do wartości siły obliczeniowej. Jeżeli tarcza będzie miała większą nośność, to przed jej osiągnięciem beton pod siłą może ulec zniszczeniu. W tej sytuacji znacznie zwiększono przekrój omawianego zbrojenia w badanych elementach, a mimo to w niektórych przypadkach, przy bardzo dużych obciążeniach, pękał beton w miejscach przyłożenia obciążenia.

9.1. Tarcze serii TG-1

Ogólnie można stwierdzić, że tarcze tej serii uległy zniszczeniu przez miażdżenie betonu w strefie ściskanej przekroju podporowego w momencie, gdy rysy na powierzchni wspornika tarczy dochodziły na odległość $6 \div 9$ cm od dolnej ściskanej krawędzi przekroju, a w skranych prętach zbrojenia przy krawędzi rozciąganej naprężenia osiągały granicę plastyczności stali. W strefie ściskanej przekroju podporowego panował złożony stan naprężenia spowodowany działaniem ściskania oraz ścinania. Zastosowane, dodatkowe zbrojenie, nie zawsze mogło zapobiec miażdżeniu betonu między prętami, gdy wysokość strefy ściskanej była niska rzędu 0,06 H do 0,09 H.

Tarcza TG-1/Os zniszczyła się w sposób wyżej opisany przy sile $N_n = 4P = 1200$ kN, to znaczy, że osiągnęła dokładnie nośność obliczeniową. Zbrojenie tarczy dostosowane do wyliczonego stanu naprężenia – na wysięgu wspornika było stopniowo redukowane (rys. 6). Spowodowało to, już przy małych obciążeniach, powstanie przy końcach prętów wielu długich rys (rys. 17) gwałtownie redukujących wysokość strefy ściskanej.

Tarcza TG-1/Of osiągnęła nośność $N_n = 4P = 1450$ kN większą o 20% od poprzedniego elementu. Doprowadzenie zbrojenia bez redukcji do końca wspornika (rys. 6) i odpowiednie zakotwienie oraz zgrupowanie zbrojenia głównego bliżej krawędzi rozciąganej, spowodowało wolniejszą penetrację rys na powierzchniach wsporników, zwiększenie ramienia sił wewnętrznych i zwiększoną nośność elementu. Oprócz miażdżenia betonu w strefie ściskanej przekrojów podporowych w ostatniej fazie obciążenia, nastąpiło spękanie betonu pod siłami obciążającymi.

Tarcza TG-1/ts zniszczyła się w opisany wyżej sposób przy sile $N_n = 4P = 1548$ kN. Stal zbrojenia wsporników tarczy odgięta pod kątem 10° do 60° (rys. 7) była dość równomiernie wytężona w całym procesie obciążania (rys. 34). Rysy przecinały zbrojenie pod kątem zbliżonym do prostego, a ich długość dość wolno narastała. Dzięki zastosowaniu dodatkowych prętów w górnym narożu wsporników również pękanie betonu pod siłami było opóźnione. nikach. Zapas nośności nie był duży, w wielu prętach zbrojenia naprężenia osiągały wartość granicy plastyczności stali.

9.2. Tarcze serii TG-2

Z analizy stanu zarysowania, pomierzonych odkształceń oraz sposobu zniszczenia wynika, że tarcze serii TG-2 z krótkimi wspornikami o $H/l_k = 2$ pod zadanym obciążeniem pracują na ścinanie (przecinanie), natomiast zaistniałe wartości naprężeń σ_x nie mają większego wpływu na ich nośność. Nośność wsporników zależna była od stopnia rozproszenia zbrojenia na całej wysokości elementu. Wsporniki tarcz niszczyły się kiedy ukośna lub pionowa rysa usytuowana w płaszczyźnie krawędzi podpory dochodziła na kilka centymetrów do krawędzi dolnej, co powodowało ścięcie, zniszczenie betonu strefy ściskanej.

W tablicy 5 zestawiono największe wartości sił obiążających przeniesione przez element oraz sumaryczny stopień zbrojenia pionowego, poziomego i odgiętego (bez zbrojenia głównego przy krawędzi górnej) w płaszczyźnie wspornika tarczy obliczany wg wzorów (2) i (3).

$$\mu_{\rm p} = \mu_{\rm sx} + \mu_{\rm sy} + \mu_{\rm o} \tag{2}$$

gdzie:

$$\mu_{sx} = \frac{F_{sx}}{b \cdot s_{x}}; \qquad \mu_{sy} = \frac{F_{sy}}{b \cdot s_{y}}; \qquad \mu_{o} = \frac{F_{o}}{b \cdot s_{o}}$$
(3)

- F_{sx} , F_{sy} , F_{o} pole przekroju prętów poziomych, pionowych i odgiętych leżących w jednej płaszczyźnie,
- s_x, s_y, s_o średnie odległości pomiędzy prętami poziomymi, pionowymi i odgiętymi w płaszczyźnie wspornika tarczy.

TABLICA 5. Obciążenie niszczące i stopień zbrojenia μ_{p}

Symbol elementu	Obciążenie ni całkowite $N_n = 4P_n$	szczące [kN] na wsporniku P _n	Stopień zbrojenia µ _p
TG-2/Os	1800	450	0,0143
TG-2/Of	1260	315	0,0133
TG-2/ts	1190	298	0,0120
TG-2/ts	1585*	396	0,0146
* – dotyc uległa stano	czy powtórzonego a zniszczeniu przy wiska	elementu; pierw sile 980 kN na sku	sza tarcza utek awarii

Tarcze TG-2/Os i TG-2/Of różniły się znacznie wartością siły niszczącej z dwóch powodów: zbyt dużego rozstawu poziomych prętów zbrojenia w tarczy drugiej (mniejsze μ_p) oraz ograniczenia w tarczy pierwszej odkształceń poprzecznych strefy ściskanej tuż przy podporach (zabezpieczenie pękniętego przy transporcie fragmentu elementu). Tarcza TG-2/ts zbrojona była prętami odgiętymi pod kątem 15° do 30°. Jest to zbrojenie korzystne dla elementów poddanych działaniu sił przecinających, jednak niższy stopień zbrojenia μ_p spowodował wcześniejsze zniszczenie wspornika.

Tarcza TG-1/tf przeniosła obciążenie maksymalne $N_n = 4P = 1450$ kN. Zbrojenie wsporników odgięte pod kątem 60° było nierównomiernie wytężone, a zbrojenie poziome poniżej głównego – słabo wykorzystane. Pomimo to, nośność tarczy przy podanym obciążeniu nie była osiągnięta, ponieważ dalszy wzrost siły powodował niszczenie betonu w obszarach przyłożenia sił na wsporTarcza TG-2/tf przy obciążeniu siłą 4P = 980 kN ze względu na awarię stanowiska badawczego uległa uszkodzeniu. Badanie powtórzono, drugi element o tym samym zbrojeniu przeniósł siłę 4P = 1585 kN.

Reasumując należy stwierdzić, że w wspornikach o $H/l_k = 1$ o dość znacznym współczynniku zbrojenia $\mu_a = 0,0083$ niszczenie elementu następuje przez zmiażdżenie betonu strefy ściskanej przekroju podporowego przy niepełnym wykorzystaniu naprężeń w stali. Z uwagi na maksymalną nośność wsporników, korzystnie ukształtowane zbrojenie miały tarcze TG-1/Of i TG-1/ts.

Krótkie wsporniki tarcz o $H/l_k = 2$ niszczyły się na ścinanie, a o ich nośności decydował stopień sumarycznego zbrojenia rozmieszczonego na wysokości przekroju.

WYKAZ LITERATURY

 Franzc G., Niedenhoff H.: Die Bewehrung von Konsolen und gedrungenen Balken. Beton und Stahlbetonbau, vol. 58, No 5

- Godycki-Ćwirko T.: Wymiarowanie żelbetowych belekścian w fazie II na tle analizy naprężeń, powstania rys oraz nośności. Archiwum Inżynierii Lądowej, z. 3/1963
- 3. Godycki-Ćwirko T.: Wymiarowanie żelbetowych belekścian. Inżynieria i Budownictwo, 2/1964
- Göttsche J., Twelmeier H.: Wandartige Träger mit Auflagerverstärkungen und vertikalen Arbeitsfugen. D.A.f.Stb. 338/1987
- 5. Leonhardt F., Mönning E.: Vorlesungen über Massivbau. Teil I, II, III. Springer Verlag, Berlin 1973/74/75
- 6. Leonhardt F., Walther R.: Wandartige Träger. D.A.f.Stb., H.178/1966
- 7. Schütt H.: Über das Tragvermögen wandartiger Stahlbeton träger. Beton und Stahlbetonbau, nr 10/1956
- Ulańska D., Romanowska A.: Raport "Przecinanie. Wytrzymałość na przecinanie betonu i żelbetu oraz nośność na przecinanie niektórych elementów konstrukcyjnych", PŁ 1986 r.
- Ulańska D., Romanowska A.: "Przecinanie Dorobek polskiej inżynierii lądowej w latach 1970–1986". Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej. Budownictwo 36/1990
- 10. Walraven J., Lehwalter N.: Die Tragfähigkeit von Batondruckstreben in Fachwerkmodellen am Beispiel von gedrungen Balken. Beton und Stahlbetonbau, 84/1989, H.4

Załącznik Wyniki pomiarów

TABLICA 1.1/1 POMIERZONE ODKSZTAŁCENIA BETONU TARCZ TG-1





Element	4P KN	tx %۰	2 × •	ېد سې	ຊະ ເ	5 €x %•	6 د *	7 E×	B €× °	9 E× %•	10 E×	11 E× %•	12 E× %•	13 د× ۰
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	-0,04 -0,08 -0,02 0,16 0,28 0,40	0,00 0,00 0,12 0,32 0,40 0,50	0,14 0,36 0,54 0,80 1,02 1,26	0,06 0,04 -0,02 -0,02 0,02 0,02 0,06	0,08 0,18 0,30 0,46 0,56 0,70	0,04 0,10 0,18 0,32 0,38 0,44	0,00 0,02 0,02 0,10 0,14 0,12	-0,04 -0,02 -0,06 - -0,12 -0,14	-0,06 -0,06 -0,10 -0,14 -0,18 -0,26	-0,10 -0,12 -0,14 -0,20 -0,24 -0,30	-0,08 -0,08 -0,12 -0,20 -0,28 -0,30	-0,08 -0,08 -0,14 -0,20 -0,24 -0,32	-0,08 -0,16 -0,22 -0,26 -0,32 -0,36
TG-1/Of	200 300 400 600 800 1000 1100 1300	0,06 0,20 0,32 0,68 0,98	0,08 0,18 0,42 0,62 0,88	0,06 0,16 0,52 0,66 0,76	0,02 0,12 0,48 0,68 0,78	0,06 0,18 0,48 0,64 0.90	0,06 0,12 0,42 0,52 0,68	-0,04 0,02 0,22 0,30 0,40	-0,06 -0,04 0,06 0,06 0,04	-0,14 -0,08 -0,16 -0,08 0,16 0,00 0,02 0,00	- -0,12 -0,14 -0,28 -0,32 -0,32	-0,04 -0,08 -0,04 -0,10 -0,10 -0,24 -0,32 -0,34	0,00 -0,04 -0,08 -0,08 -0,10 -0,26 -0,24 -0,36	- -0,04 -0,06 -0,22 -0,24 -0,28
TG-1/ts	200 400 600 800 1000 1200 1400	0,08 0,30 0,62 0,88 1,06 1,18 1,22	0,06 0,36 0,88 1,10 1,18 1,28 1,32	0,04 0,16 0,44 0,56 0,76 0,90 1,06	0,04 0,16 0,42 0,56 0,66 0,76 0,88	0,06 0,16 0,40 0,54 0,64 0,74 0,84	0,04 0,08 0,22 0,30 0,38 0,46 0,58	0,02 0,04 0,08 0,10 0,12 0,12 0,12	-0,02 0,00 0,02 0,00 -0,02 -0,02 -0,02 -0,04	-0,04 -0,06 -0,06 -0,10 -0,10 -0,14 -0,16	-0,06 -0,12 -0,14 -0,16 -0,22 -0,26 -0,28	-0,06 -0,14 -0,18 -0,24 -0,28 -0,30 -0,36	-0,08 -0,16 -0,22 -0,26 -0,30 -0,34 -0,38	-0,10 -0,22 -0,28 -0,32 -0,36 -0,40 -0,44
TG-1/tf	200 300 400 600 800 1000 1200 1400	0,20 0,32 0,50 0,94 1,26 1,12 1,22 1,34	0,24 0,40 0,68 1,12 1,44 1,26 1,32 1,38	0,12 0,38 0,60 0,86 1,12 1,20 1,32 1,60	0,16 0,26 0,38 0,52 0,80 0,76 0,88 1,02	0,12 0,20 0,26 0,32 0,56 0,50 0,58 0,68	0,08 0,14 0,16 0,16 0,30 0,26 0,28 0,30	0,10 0,14 0,20 0,24 0,24 0,22 0,26 0,24	0,12 0,16 0,18 0,20 0,24 0,10 0,14 0,12	0,00 0,02 0,04 0,02 0,02 -0,04 -0,04 -0,06 -0,14	0,00 0,02 0,00 -0,02 -0,02 -0,10 -0,14 -0,16	0,02 0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,12 -0,20 -0,20	0,00 -0,02 -0,04 -0,10 -0,12 -0,20 -0,24 -0,24	0,04 0,04 -0,02 -0,06 -0,06 -0,06 -0,18 -0,12
•														
		14 E _x %	15 ٤x	16 Ex %。	17 ٤x	18 ٤× %。	19 €x %.	20 €x %•	21 £x %。	22 £x %•	23 Ex %	24 £x %.	25 ٤ x	26 Ex %.
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	14 E _x * • -0,08 -0,18 -0,24 -0,30 -0,34 -0,38	15 & & & & & & & & & & & & & & & & & & &	16 Ex % . 0,06 0,16 0,26 0,48 0,70 0,78	17 & x % • 0,20 0,46 0,72 1,08 1,32 1,52	18 £x % 0,20 0,40 0,60 0,84 1,00 1,18	19 Ex % 0,18 0,34 0,50 0,68 0,80 0,92	20 Ex % 0,12 0,26 0,44 0,76 0,92 1,06	21 £ x % 0,04 0,10 0,26 0,64 0,72 0,80	22 Ex %. 0,00 -0,02 0,02 0,24 0,28 0,29	23 Ex %. 0,00 0,04 0,06 0,06 -0,02 -0,02	24 Ex %. -0,04 0,00 0,04 0,06 -0,04 -0,02	25 E x % . -0,04 -0,04 0,02 0,02 -0,02 -0,02 -0,10	26 Ex %. -0,06 -0,14 -0,14 -0,18 -0,28 -0,38
TG-1/Os TG-1/Of	200 300 400 600 800 1000 200 300 400 600 800 1000 1100 1300	14 E _x *6 -0,08 -0,18 -0,24 -0,30 -0,34 -0,38 -0,16 -0,12 -0,06	15 Ex %. 0,04 0,08 0,12 0,28 0,34 0,38 0,06 0,26 0,26 0,94 1,26	16 Ex %. 0,06 0,16 0,26 0,48 0,70 0,78 0,02 0,24 0,52 0,90 1,18	17 Ex % 0,20 0,46 0,72 1,08 1,32 1,52 0,02 0,10 0,50 0,60 0,80	18 Ex % 0,20 0,40 0,60 0,84 1,00 1,18 -0,20 -0,14 0,00 0,10 0,26	19 Ex % 0,18 0,34 0,50 0,68 0,92 0,00 0,18 0,68 1,04 1,34	20 Ex % 0,12 0,26 0,44 0,76 0,92 1,06 0,06 0,18 0,64 0,98 1,16	21 Ex % 0,04 0,10 0,26 0,64 0,72 0,80 0,00 0,08 0,42 0,94 0,92	22 Ex % 0,00 -0,02 0,02 0,24 0,28 0,29 0,02 0,12 0,22 0,60 0,74	23 Ex % 0,00 0,04 0,06 0,06 -0,02 -0,02 0,00 0,02 0,14 0,20 0,18 0,06 0,10 0,12	24 Ex % -0,04 0,00 0,04 0,06 -0,04 -0,02 -0,10 -0,08 -0,02 0,08 0,04 -0,104 -0,04 -0,104	$\begin{array}{c} 25\\ & \& x\\ & & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & $	26 Ex %. -0,06 -0,14 -0,14 -0,18 -0,28 -0,38 -0,10 -0,10 -0,02 0,02 0,14 -0,08 -0,10 -0,08 -0,10 -0,38
TG-1/0s TG-1/0f TG-1/ts	200 300 400 600 800 1000 200 300 400 600 800 1000 1000 1000 1200 1400	14 E _x *6. -0,08 -0,18 -0,24 -0,30 -0,34 -0,16 -0,12 -0,06 -0,12 -0,06 -0,12 -0,06 -0,22 -0,30 -0,32 -0,40 -0,44 -0,44	15 Ex % • 0,04 0,08 0,12 0,28 0,34 0,38 0,06 0,26 0,44 0,94 1,26 0,06 0,26 0,88 1,52 2,08 2,54 3,34	16 Ex %. 0,06 0,16 0,26 0,26 0,70 0,78 0,02 0,24 0,52 0,90 1,18 0,06 0,26 0,76 1,36 1,84 2,28 3,04	17 Ex % • 0,20 0,46 0,72 1,08 1,32 1,52 0,02 0,10 0,50 0,60 0,80 0,02 -0,04 0,10 0,44 0,76 1,08 1,72	18 E x * • 0,20 0,40 0,60 0,84 1,00 1,18 -0,20 -0,14 0,00 0,10 0,26 0,00 -0,06 0,08 0,44 0,72 1,02 1,66	19 Ex %. 0,18 0,34 0,50 0,68 0,92 0,00 0,18 0,68 1,04 1,34 -0,02 -0,10 0,02 0,34 0,54 0,84 1,38	20 Ex %. 0,12 0,26 0,44 0,76 0,92 1,06 0,06 0,18 0,64 0,98 1,16 0,00 -0,06 -0,06 0,26 0,44 0,98 1,16	21 Ex %. 0,04 0,10 0,26 0,64 0,72 0,80 0,00 0,08 0,42 0,94 0,92 0,92 0,02 -0,02 -0,02 -0,02 0,24 0,42 0,58 0,66	22 Ex %. 0,00 -0,02 0,02 0,24 0,28 0,29 0,02 0,22 0,22 0,20 0,24 0,22 0,24 0,22 0,24 0,22 0,24 0,22 0,24 0,22 0,24 0,29 0,02 0,24 0,24 0,28 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,24 0,28 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,24 0,29 0,02 0,22	23 Ex % 0,00 0,04 0,06 0,02 -0,02 -0,02 0,00 0,02 0,14 0,00 0,12 0,00 -0,04 -0,06 0,00 0,12 0,00 -0,04 -0,06 0,00 0,14 0,26	$\begin{array}{c} 24 \\ & \pounds_{x} \\ & & \bullet_{0} \\ 0,00 \\ 0,04 \\ 0,06 \\ -0,04 \\ -0,02 \\ -0,02 \\ -0,010 \\ -0,08 \\ -0,02 \\ 0,08 \\ 0,04 \\ -0,06 \\ -0,06 \\ -0,04 \\ -0,10 \\ 0,06 \\ -0,10 \\ 0,06 \\ -0,10 \\ 0,06 \\ 0,04 \\ 0,02 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 25\\ & \& x\\ & & \\ $	26 Ex %. -0,06 -0,14 -0,18 -0,28 -0,38 -0,10 -0,02 0,02 0,14 -0,08 -0,10 -0,02 0,14 -0,08 -0,10 -0,10 -0,10 -0,10 -0,10 -0,10 -0,10 -0,10 -0,22 -0,16 -0,16 -0,12 -0,16 -0,22 -0,24 -0,36

 TABLICA 1.1/2
 POMIERZONE
 ODKSZTAŁCENIA
 BETONU
 TARCZ
 TG-1

Element	4P KN	27 E _x	28	29 E _x	30 E _x	31 E _x	la E _x	2a £ _x %•	3a E _x %•	4a E _x %•	5a E _x	6a E %	7a E _x	8a E _x
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	-0,14 -0,24 -0,32 -0,50 -0,68 -0,88	-0,18 -0,20 -0,58 -0,69 -1,34 -1,74	0,08 1,28 1,60 2,46 3,20 4,12	0,00 0,00 0,68 1,28 1,30 1,34	-0,02 -0,04 -0,06 -0,10 -0,14 -0,22	0,16 0,40 0,59 0,85 1,07 1,21	0,15 0,27 0,39 0,80 1,07 1,27	0,09 0,25 0,50 0,93 1,09	0,08 0,13 0,17 0,41 1,02 1,54	0,01 0,00 0,50 0,83 1,44 1,92	0,01 0,00 0,00 0,01 -0,01 -0,02	0,04 0,07 0.12 0,22 0,25 0,21	0,08 0,24 0,29 0,43 0,58 0,79
TG-1/Of	200 300 400 600 800 1000 1100 1300	-0,20 -0,10 -0,12 -0,02	-0,18 -0,19 -0,38 -0,44	-0,02 0,00 0,08 0,86 1,00		$\begin{array}{r} -0,10\\ -0,10\\ -0,06\\ -0,08\\ -0,14\\ -0,28\\ -0,30\\ -0,34\end{array}$	0,09 0,15 0,18 0,28 0,56	0,05 0,11 0,33 0,79 1,00	0,06 0,10 0,23 0,48 0,57	0,06 0,10 0,17 0,57 0,75	0,02 0,03 0,06 0,27 0,42	0,01 0,05 0,08 0,08 0,10	0,06 0,11 0,12 0,13 0,31 0,43 0,47 0,51	0,04 0,07 0,05 0,28 0,49 0,63 0,67 0,90
TG-1/ts	200 400 600 800 1000 1200 1400	0,00 -0,14 -0,28 -0,32 -0,36 -0,48 -0,60	-0,02 -0,18 -0,44 -0,60 -0,74 -0,92 -1,20	0,02 0,48 1,08 1,26 1,34 1,46 1,62	0,00 0,04 0,54 0,88 1,08 1,28 1,54	-0,04 -0,08 -0,14 -0,16 -0,22 -0,26 -0,14	0,05 0,31 0,52 0,77 1,00 1,22 1,45	0,06 0,30 0,54 0,74 0,99 1,26 1,46	0,02 0,36 0,70 1,06 1,43 1,92 2,54	0,03 0,34 0,84 1,15 1,51 2,07 2,69	0,01 0,02 0,43 0,75 1,14 1,39 1,45	0,01 0,02 0,02 0,00 -0,01 -0,02 0,13	0,01 0,06 0,07 0,17 0,21 0,23 0,22	0,01 0,20 0,41 0,55 0,75 1,01 1,34
TG-1/tf	200 300 400 600 800 1000 1200 1400			0,04 0,04 0,10 0,88 1,46 1,76 2,14 2,60	0,02 0,02 0,04 0,10 0,04 0,66 1,12 1,34	0,06 0,04 0,06 0,10 0,04 0,02 0,02 0,02	0,11 0,25 0,50 0,67 0,87 1,00 1,24 1,53	0,08 0,12 0,22 0,82 1,07 1,30 1,59 2,10	0,05 0,12 0,29 0,44 0,65 0,81 1,21 1,77	0,03 0,08 0,36 0,91 1,27 1,77 2,14 2,65	0,02 0,03 0,04 0,03 0,55 0,94 1,14 1,34	0,01 0,03 0,03 0,04 0.05 0,17 0,31 0,49	0,04 0,07 0,14 0,57 0.76 0,94 1,09 1,43	0,03 0,06 0,32 0,71 1,16 1,50 1,95 2,70
Element	4P kN	9a E _x	10a E _x	lla E _x	12a E _x	13a E _x	14a E _x	15a ٤ _x	16a E _x	17a ٤ _x	18a E _x	31 Ey	35 Ey	39 E _y
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	0,03 0,00 0,05 0,14 0,37 0,57	0,00 0,39 0,56 0,85 1,40 1,75	-0,01 -0,02 -0,03 -0,04 0,28 0,73	0,00 -0,01 0,01 0,02 0,02 0,02	-0,05 -0,07 -0,12 -0,15 -0,21 -0,28	-0,05 -0,03 -0,07 -0,08 -0,14 -0,21	-0,04 -0,04 0,11 0,18 0,29 0,26	-0,06 -0,07 -0,11 -0,06 0,16 0,54	-0,02 -0,02 0,00 -0,01 0,00 -0,03	-0,01 -0,01 0,00 0,01 0,02 0,02	0,00 0,48 0,64 1,24 2,24 3,40	0,02 0,06 0,84 1,48 2,00 2,12	0,06 0,06 0,04 0,04 0,00 -0,04
TG-1/Of	200 300 400 600 800 1000 1100 1300	0,02 0,04 0,07 0,05 0,04 0,07 0,07 0,07	0,01 0,03 0,08 0,87 1,18 1,51 1,68 1,91	0,01 0,01 0,03 0,00 -0,03 -0,05 -0,05 0,00	0,01 0,02 0,03 -0,01 0,00 0,03 0,03 0,03	0,00 0,01 0,02 0,06 0,01 0,02 -0,02 -0,11	0,00 0,01 0,02 0,13 0,29 0,37 0,41	-0,03 -0,02 -0,01 0,06 0,17 0,20 0,20	-0,04 -0,04 -0,05 -0,04 -0,83 -0,55 -0,43 -0,29	0,00 0,00 -0,02 0,02 -0,01 0,00 -0,04	-0,01 -0,01 0,00 -0,01 -0,01 -0,03 -0,04	-0,10 -0,10 -0,12 0,40 0,50	0,00 0,00 -0,10 -0,08 0,80 1,30 1,54	-0,04 -0,06 -0,08 -0,16 -0,18 -0,18 -0,18 -0,16
TG-1/ts	200 400 600 800 1000 1200 1400	0,03 0,27 0,68 1,00 1,32 1,76 2,29	0,01 0,06 0,30 0,38 0,46 0,50 0,48	0,00 0,00 -0,02 0,12 0,24 0,40	0,00 0,01 0,02 0,02 0,01 0,01 0,01	-0,03 -0,07 -0,10 -0,14 -0,19 -0,26 -0,35	-0,04 -0,08 -0,09 -0,11 -0,13 -0,16 -0,24	-0,02 -0,07 0,12 0,21 0,36 0,44 0,47	-0,05 -0,11 -0,05 0,05 0,10 0,14 0,05	-0,02 -0,03 -0,05 -0,06 -0,08 -0,12 -0,15	0,00 -0,01 0,00 -0,02 -0,02 -0,06 -0,03	0,00 0,14 0,62 0,96 1,24 1,56 1,58	-0,02 -0,04 -0,02 0,02 0,00 0,00 0,00	-0,02 -0,04 -0,08 -0,08 -0,10 -0,16 0,46
TG-1/tf	200 300 400 600 800 1000 1200 1400	0,01 0,02 0,03 0,20 0,62 0,84 0,92 1,18	0,01 0,02 0,03 0,20 0,62 0,84 0,92 1,18	0,00 0,01 0,02 0,03 0,15 0,27 0,38	0,02 0,02 0,03 0,04 0,02 0,04 0,04 0,04 0,05	0,00 0,00 -0,02 -0,04 -0,12 -0,16 -0,18	0,01 0,02 0,17 0,31 0,35 0,54 0,99	-0,01 -0,01 0,00 0,10 0,40 0,75 0,99 1,45	$\begin{array}{c} -0,02\\ -0,03\\ -0,04\\ -0,03\\ -0,02\\ 0,14\\ 0,30\\ 0,45\end{array}$	0,00 -0,01 -0,02 -0,02 -0,03 -0,05 -0,04 -0,03	0,01 0,01 0,03 0,01 0,01 0,01 0,02 0,02	-0,02 -0,04 -0,06 0,46 0,74 0,98 1,16 1,44	0,02 0,02 0,04 0,10 0,06 0,78 1,24 1,48	0,02 0,02 0,04 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00
Element	4P kN	1	2 Ey	3 E _y	4 Ey %	5 Ey	6 Ey %	7 Ey %	8 E y	9 Ey	10 Ey %。	11 Ey %.	12 Ey %.	13 E y %。
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	0,00 0,02 0,04 0,04 -0,04 -0,12			-0,04 -0,04 -0,04 -0,08 -0,14 -0,26	0,04 -0,02 0,02 -0,04 -0,08 -0,16	-0,06 0,00 -0,02 -0,04 -0,06 -0,12			-0,02 0,06 0,04 0,06 0,06 0,06	-0,04 -0,08 -0,08 -0,18 -0,32 -0,52	-0,04 -0,04 -0,06 -0,08 -0,16 -0,40	-0,02 0,00 0,00 -0,02 -0,06 -0,10	0,00 0,02 0,06 0,08 0,10 0,10

Element	4P KN	1 Ey	2 Ey	3 Ey	4 Ey	5 Ey	6 Ey	7 Ey	B Ey	9 Ey	10 Ey	11 E _y	12 Ey	13 Ey
TG-1/Of	200 300 400 600 800 1000 1100 1300	$\begin{array}{r} -0,08\\ -0,04\\ -0,04\\ -0,06\\ -0,10\\ -0,10\\ -0,10\\ 0,04\end{array}$	-0,06 -0,01 -0,02 -0,04 -0,18 -0,20 -0,20 -0,12			0,00 0,04 0,02 -0,12 -0,26 -0,32 -0,36 -0,38	-0,14 -0,04 -0,12 -0,24 -0,26 -0,26 -0,26	-0,16 -0,22 -0,22 -0,18 -0,16 -0,18 -0,20 -0,18	-0,04 0,02 -0,08 -0,02 -0,16 -0,18 -0,28 -0,16	-0,18 -0,10 -0,08 -0,04 -0,06	-0,06 0,00 -0,04 -0,08 -0,26 -0,30 -0,34 -0,30	-0,04 -0,14 -0,28 -0,32 -0,36 -0,40	-0,04 0,00 -0,02 -0,18 -0,28 -0,30 -0,36 -0,32	$\begin{array}{c} 0,10\\ -0,02\\ -0,04\\ -0,08\\ -0,08\\ -0,08\\ -0,04\\ -0,14\\ -0,10\end{array}$
TG-1/ts	200 400 600 800 1000 1200 1400	-0,02 -0,06 -0,08 -0,08 -0,12 -0,16 -0,12	-0,04 -0,10 -0,18 -0,22 -0,32 -0,36 -0,38	-0,04 -0,14 -0,18 -0,22 -0,30 -0,40 -0,46	-0,08 -0,12 -0,18 -0,26 -0,32 -0,42 -0,50	-0,06 -0,10 -0,16 -0,14 -0,18 -0,24 -0,28	-0,02 -0,06 -0,12 -0,12 -0,16 -0,18 -0,20	-0,04 -0,08 -0,10 -0,12 -0,12 -0,12 -0,12	-0,06 -0,08 -0.08 -0,08 -0,14 -0,18 -0,22	-0,04 -0,02 -0,06 -0.02 0,00 0,00 -0,02	-0,08 -0,20 -0,26 -0,34 -0,38 -0,40 -0,40	-0,08 -0,14 -0,22 -0,28 -0,32 -0,40 -0,36	-0,04 -0,04 -0,10 -0,14 -0,14 -0,14 -0,12	0,00 0,00 0.02 0,04 0,06 0,06 0,08
TG-1/t£	200 300 400 600 800 1000 1200 1400	-0,02 0,04 -0,04 0,08 0,06 -0,06 -0,12 -0,16	0,02 -0,02 -0,02 0,06 0,02 -0,12 -0,20 -0,30	-0,04 -0,08 -0,08 -0,06 -0,14 -0,18 -0,24 -0,36	-0,10 -0,30 -0,14 -0,08 -0,12 -0,22 -0,26 -0,34	$\begin{array}{c} 0,00\\ -0,04\\ -0,04\\ -0,06\\ -0,14\\ -0,14\\ -0,10\\ -0,20\end{array}$	-0,08 -0,02 -0,06 -0,06 -0,12 -0,06 -0,16 -0,14	0,00 0,00 -0,02 -0,02 -0,06 -0,04 0,00 -0,04	-0,08 -0,08 -0,10 -0,08 -0,10 -0,08 -0,06 -0,06	0,10 0,10 0,16 0,12 0,16 0,16 0,16 0,16	-0,06 -0,06 -0,10 -0,12 -0,22 -0,38 -0,52 -0,68	0,00 -0,02 -0,06 -0,08 -0,12 -0,14 -0,20 -0,30	0,00 -0,02 -0,04 -0,02 -0,08 -0,04 -0,04 -0,04	-0,02 -0,04 -0,06 0.02 0,00 0,00 0,00 0,00
Element	4Á KN	14 Ey	15 Ey	16 Ey	17 Ey	18 E _y	19 E _y	20 Ey	21 Ey	22 Ey	23 Ey *.	24 Ey	25 Ey	26 E _y
TG-1/0s	200 300 400 600 800 1000	-0,02 -0,04 0,00 0,02 0,00 -0,04	-0,02 -0,04 -0,02 0,00 0,02 0,00	0,02 0,00 0,04 0,06 0,08 0,06	0,00 0,00 -0,02 -0,04 -0,10	0,00 -0,02 0,00 -0,02 -0,08 -0,16	-0,02 -0,06 -0,06 -0,08 -0,16 -0,30	-0,04 -0,08 -0,16 -0,26 -0,42 -0,70	-0,04 -0,06 -0,18	0,00 0,02 0,04 0,14 0,06 0,08	0,04 0,52 0,88 1,34 1,58 1,88	0,00 0,02 0,02 0,32 0,68 0.96	0,00 0,04 0,02 -0,02 0,30 0,64	0,04 0,08 0,04 0,02 -0,06 -0,14
TG-1/0f	200 300 400 600 800 1000 1100 1300	-0,14 -0,08 0,02 0,10 0,00 -0,12 -0,16 -0,06	-0,04 -0,02 -0,04 -0,04 -0,08 -0,02 -0,04 -0,20	-0,04 -0,06 -0,06 -0,08 -0,18 -0,22 -0,22 -0,20	-0,02 0,04 0,04 0,12	-0,14 -0,10 -0,22 -0,34 -0,34 -0,38 -0,30	-0,10 -0,10 -0,08 -0,28 -0,52 -0,70 -0,64 -0,50	-0,12 -0,14 -0,16 -0,68 -1,04 -1,18 -1,24 -1,62	-0,02 -0,10 -0,10 -0,18 -0,26	-0,02 0,00 0,02 -0,06 -0,18 -0,26 -0,24 -0,20	-0,06 0,00 0,60 0,66 0.80 0,94 1,38	0,00 0,06 -0,10 -0,16 -0,62 0,42 1,00	-0,10 -0,10 -0,16 -0,16 0,10 0,20 0,48 0,60	-0,14 -0,06 -0,14 -0,20 -0,24 -0,30 -0,34 -0,36
TG-1/ts	200 400 600 800 1000 1200 1400	-0,04 -0,04 -0,02 0,00 0,04 0,06 0,14	-0,04 -0,04 -0,08 -0,08 -0,08 -0,04 -0,04 -0,02	-0,06 -0,08 -0,10 -0,10 -0,08 -0,04 -0,06	-0,06 -0,10 -0,14 -0,16 -0,16 -0,14 -0,10	-0,10 -0,14 -0,22 -0,28 -0,30 -0,28 -0,26	-0,12 -0,16 -0,28 -0,32 -0,40 -0,42 -0,42	-0,10 -0,22 -0,36 -0,46 -0,58 -0,74 -0,80	-0,22 -0,48 -0,72 -0,94 -1,24 -1,90 -2,32	-0,06 -0,06 -0,14 -0,10 -0,14 -0,14 -0,14	-0,06 -0,06 -0,12 -0,14 -0,10 0,00 0,14	-0,12 -0,08 -0,10 0,14 0,24 0,44 0,58	-0,04 -0,02 -0,08 -0,10 -0,18 -0,26 -0,26	-0,04 -0,04 -0,10 -0,10 -0,10 -0,16 -0,04
TG-1/tf	200 300 400 600 800 1000 1200 1400	0,02 0,04 0,00 0,06 0,06 0,02 -0,02 -0,04	0,00 0,02 0,00 0,04 -0,02 0,00 -0,02 -0,02	0,00 0,02 0,10 0,02 0,02 0,02 0,06 0,04 0,02	$\begin{array}{c} -0,02\\ 0,00\\ -0,02\\ 0,00\\ -0,04\\ -0,06\\ -0,08\\ -0,10\end{array}$	$\begin{array}{c} -0,04\\ -0,08\\ -0,06\\ -0,08\\ -0,14\\ -0,18\\ -0,20\\ -0,22 \end{array}$	$\begin{array}{c} -0,02\\ -0,06\\ -0,12\\ -0,04\\ -0,16\\ -0,14\\ -0,22\\ -0,34 \end{array}$	$\begin{array}{c} -0,06\\ -0,10\\ -0,16\\ -0,34\\ -0,38\\ -0,48\\ -0,64\end{array}$		0,00 0,02 0,16 0,44 0,50 0,60 0,68 0,86	0,02 0,04 0,04 0,16 0,46 0,66 0,74 0.96	0,00 0,02 0,02 0,02 0,08 0,24 0,16 0,10	$\begin{array}{c} -0,02\\ -0,06\\ -0,06\\ -0,22\\ -0,24\\ -0,58\\ -0,74 \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,00\\ 0,00\\ -0,02\\ -0,02\\ -0,08\\ -0,08\\ -0,24\\ -0,28\end{array}$
	4P	27	TG-1/	0s 29 c	27	TG-1/ 28 C	0f 29 c	27	TG-1/ 28 c	ts 29 5	27	TG-1/ 28 c	tf 29 c	
-	kN .	^ک y * •	су *.	^ک y ۶۰	с _у *.	с _у *.	^ک ر *۰	^ک ر ۲۰	с _у *.	с _у *.	^د ي * •	^C y ۴.	^C y ۰	
	200 300	0,04 0,66	-0,02 0,00	-0,02 0,00	-0,06 -0,02	-0,10 -0,18	-0,02 -0,04	0,00	-0,10	-0,08	0,00 0,00	-0,10 -0,14	-0,02 -0,04	

TABLICA 1.1/3 POMIERZONE ODKSZTAŁCENIA BETONU TARCZ TG-1

.....

I

TABLICA 1.2/1POMIERZONE ODKSZTAŁCENIA BETONU TARCZTG-2

Bazy pomiarowe E_x





Element	4P kN	1 E _x %。	2 E _×	3 € _× %。	4 € _× %。	5 E _x	6 E _x	7 € _x %。	8 E _× %。	9 E _x %。	10 ٤ _×	11 E _x	12 E _x	13 E _x
TG-2/0s	200 400 600 800 1000 1200 1400 1600	-0,02 -0,04 0,16 0,36 0,52 0,46 0,48 0,68	0,02 0,14 0,76 1,10 1,24 1,40 1,54 1,64	0,04 0,06 0,08 0,10 0,12 0,14 0,16 0,14	0,10 0,04 0,14 0,16 0,18 0,16 0,16 0,16	0,30 0,28 0,42 0,42 0,42 0,42 0,38 0,34 0,34	0,10 0,10 0,16 0,20 0,16 0,16 0,16 0,18	0,06 0,08 0,10 0,12 0,06 0,04 0,06	0,02 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,00 -0,06 -0,04	0,02 0,00 0,02 0,04 0,02 0,02 0,02 0,02	0,00 0,00 0,08 0,12 0,02 0,02 0,02 0,04 0,06	-0,02 0,02 0,02 0,06 0,00 0,00 0,00 0,06 0,02	0,02 0,06 -0,10 -0,26 -0,28 -0,30 -0,02 0,12	-0,04 -0,04 -0,24 -0,10 -0,14 -0,10 -0,04 0,00
TG-2/Of	200 400 600 800 1000 1200	0,06 0,10 0,46 0,72 0,86 1,04	-0,02 0,02 0,14 0,22 0,28 0,26	0,04 0,06 0,04 0,06 0,06 0,04	0,02 0,02 0,04 0,06 0,06 0,02	0,04 0,02 0,02 0,00 -0,02 -0,04	0,00 0,00 0,00 0,02 0,04 0,02	0,00 0,00 -0,02 0,00 -0,02 0,02	-0,04 -0,06 -0,08 -0,06 -0,06 -0,06	-0,02 -0,06 -0,10 -0,08 -0,10 -0,06	-0,02 -0,04 -0,10 -0,08 -0,06 -0,06	-0,02 -0,04 -0,10 -0,10 -0,04 -0,04	0,06 0,00 -0,02 0,06 0,04 0,08	-0,04 -0,10 -0,16 -0,08 -0,08 -0,02
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	0,04 0,14 0,42 0,80 0,98	0,02 0,04 0,14 0,30 0,46	0,04 0,06 0,06 0,00 0,00	0,06 0,00 0,04 0,02 0,02	0,04 0,04 0,06 0,04 0,02	0,06 0,08 0,06 0,06 0,08	0,02 0,04 0,08 0,04 0,06	0,00 -0,02 0,00 0,00 0,00	-0,02 -0,04 -0,08 -0,08 -0,08	-0,02 -0,04 -0,04 -0,04 -0,04	-0,02 -0,04 -0,04 -0,04 -0,04	-0,02 -0,04 -0,06 -0,02 -0,02	0,00 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02
TG-2/tf	200 400 600 800	0,10 0,16 0,66 0,74	0,06 0,10 0,34 0,32	0,04 0,06 0,10 0,04	0,02 0,02 0,02 0,02	0,04 0,00 0,06 0,04	0,00 0,00 0,00 0,04	0,00 0,00 0,00 0,00	-0,04 -0,08 -0,08 -0,10	-0,02 -0,08 -0,12 -0,10	-0,02 -0,04 -0,06 -0,06	0,00 -0,04 -0,04 -0,06	0,00 -0,02 -0,14 -0,02	0,00 -0,02 -0,02 0,00
					- ,						,			
Element	4P kN	14 E _x	15 ٤ _x	16 E _x	17 ٤ _x	18 ٤ _×	19 ٤ _x	20 ٤ _×	21 E _X	22 E _x	23 د _x	24 دَ _×	25 گر	26 گر
Element	4P kN 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600	14 ξ _x -0,06 -0,10 -0,10 -0,08 -0,12 0,00 -0,08 0,02	15 ξ _x 0,16 0,36 0,72 1,38 1,94 2,56 3,48	16 E _x 0,14 0,36 0,58 0,84 1,04 2,00 2,76 3,60	17 E _x 0,04 0,20 0,30 0,54 0,80 1,10 1,56 2,12	18 E _x % 0,02 0,08 0,20 0,40 0,60 0,76 0,93 1,14	19 E _x % 0,00 0,02 0,06 0,28 0,38 0,56 0,63 0,75	20 E _x -0,02 0,00 -0,04 0,02 0,06 0,14 0,20 0,28	21 E _x -0,02 0,00 -0,04 0,00 0,00 0,04 0,06 0,06	22 E _x 2 0,00 0,00 -0,02 0,04 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02	23 $\tilde{\epsilon}_{x}$ 0,10 0,08 0,16 0,20 0,12 0,16 0,14 0,14	24 Ēx % 0,00 0,00 0,04 0,06 0,06 0,06 0,04 0,02	25 E _x 0,04 0,02 0,04 0,08 0,08 0,12 0,10 0,10	26 Ex 0,00 -0,02 -0,04 -0,04 -0,08 -0,08 -0,08 -0,08 -0,08
Element TG-2/Os TG-2/Of	4P kN 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 200 400 600 800 1000 1200	14 E _x -0,06 -0,10 -0,08 -0,12 0,00 -0,08 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,0	15 ε _x 0,16 0,36 0,72 1,38 1,94 2,56 3,48 - 0,06 0,26 0,70 1,10 1,28 1,46	16 ε _x 0,14 0,36 0,58 0,84 1,04 2,00 2,76 3,60 0,02 0,22 0,68 0,94 1,06 1,18	17 E _x 0,04 0,20 0,30 0,54 0,80 1,10 1,56 2,12 0,00 0,12 0,48 0,66 0,84 0,98	18 E _x % 0,02 0,08 0,20 0,40 0,60 0,76 0,93 1,14 0,02 0,10 0,40 0,40 0,40 0,46 0,52 0,58	19 E _x 0,00 0,02 0,06 0,28 0,38 0,56 0,63 0,75 0,00 0,04 0,26 0,28 0,26 0,28	20 E _x -0,02 0,00 -0,04 0,02 0,06 0,14 0,20 0,28 -0,02 0,00 0,06 0,18 0,24 0,28	21 E _x -0,02 0,00 -0,04 0,00 0,04 0,06 0,02 0,02 0,04 0,02 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,02	22 E _x 0,00 0,00 -0,02 0	23 \hat{c}_{x} 0,10 0,08 0,16 0,20 0,12 0,16 0,14 0,14 0,02 -0,06 0,04 0,04 0,04 0,02	24 Ē _x % 0,00 0,00 0,04 0,06 0,06 0,06 0,06 0,06 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,04 0,06	25 ξ _x 0,04 0,02 0,04 0,08 0,08 0,08 0,12 0,10 0,10 0,00 0,02 0,02 0,02 0,04 0,04 -0,02	26 Ex 0,00 -0,02 -0,04 -0,04 -0,08 -0,06 -0,08 -0,08 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,02 -0,04
Element TG-2/Os TG-2/Of TG-2/ts	4P kN 200 400 600 800 1000 1200 1400 1400 200 400 600 800 1000 1200 200 400 600 800 1000 1200 1000 1000 1000	14 E _x -0,06 -0,10 -0,10 -0,08 -0,12 0,00 -0,08 0,02 0,	15 ξ _x 0,16 0,36 0,72 1,38 1,94 2,56 3,48 - 0,06 0,26 0,70 1,10 1,28 1,46 0,06 0,34 0,38 0,74 1,04	16 ε _x 0,14 0,36 0,58 0,84 1,04 2,00 2,76 3,60 0,02 0,22 0,68 0,94 1,06 1,18 0,06 0,38 0,42 0,72 0,94	17 E _x 2 0,04 0,20 0,30 0,54 0,80 1,10 1,56 2,12 0,00 0,12 0,48 0,66 0,84 0,98 0,04 0,48 0,04 0,48 0,64 0,72	18 E _x % 0,02 0,08 0,20 0,40 0,60 0,76 0,93 1,14 0,02 0,10 0,40 0,40 0,40 0,40 0,52 0,58 0,00 0,30 0,44 0,56 0,60	19 E _x % 0,00 0,02 0,06 0,28 0,38 0,56 0,63 0,75 0,00 0,04 0,26 0,28 0,26 0,28 0,26 0,28 0,26 0,28 0,26 0,28 0,26 0,28 0,26 0,28 0,00 0,28 0,56 0,38 0,56 0,00 0,02 0,06 0,28 0,56 0,63 0,75 0,00 0,02 0,06 0,28 0,56 0,63 0,75 0,00 0,02 0,06 0,28 0,56 0,28 0,56 0,28 0,56 0,28 0,56 0,28 0,28 0,56 0,28 0,26 0,28 0,28 0,28 0,26 0,28 0,28 0,26 0,28 0,28 0,26 0,28 0,28 0,28 0,26 0,28 0,27 0,00 0,28 0,28 0,28 0,50 0,28 0,50 0,28 0,50 0,27 0,50 0,70 0,28 0,50 0,70	20 ξ _x -0,02 0,00 -0,04 0,02 0,06 0,14 0,20 0,06 0,14 0,28 -0,02 0,00 0,06 0,18 0,24 0,28 0,00 0,00 0,10 0,12 0,14	21 E _x -0,02 0,00 -0,04 0,00 0,04 0,06 0,02 0,02 0,04 0,02 0,04 0,02 0,04 0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,00 -0,04 -0,00 -0,00 -0,04 -0,00 -0,0	22 E _x 2 0,00 0,00 -0,02 0,04 0,04 0,30 0,30 0,30 0,50	23 \bar{c}_x 23 \bar{c}_x 2 0,10 0,08 0,16 0,20 0,12 0,16 0,14 0,14 0,02 -0,06 0,04 0,04 0,02 0,00 0,00 0,00 0,00 -0,04 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,10 0,10 0,08 0,16 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,10 0,12 0,16 0,12 0,16 0,12 0,16 0,12 0,00 0,12 0,00 0,00 0,12 0,00 0,0	24 Ēx % 0,00 0,00 0,04 0,06 0,06 0,06 0,06 0,06 0,06 0,02 0,00 0,02 0,04 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 0,00 0,02 -0,04 0,00 0,02 -0,04 0,00 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 0,02 0,04 0,02	25 E _x % 0,04 0,02 0,04 0,08 0,08 0,12 0,10 0,10 0,00 0,02 0,02 0,02 0,04 0,04 0,02 0,02 0,04 0,02 0,02 0,04 0,02 0,02 0,04 0,02 0,04 0,08 0,12 0,10 0,10 0,00 0,02 0,02 0,04 0,02 0,04 0,08 0,08 0,12 0,10 0,10 0,00 0,02 0,04 0,02 0,04 0,08 0,12 0,10 0,00 0,02 0,000 0,00	26 E _x 3 0,00 -0,02 -0,04 -0,04 -0,08 -0,08 -0,08 -0,08 -0,08 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,04 0,02 -0,04 0,00 0,00 -0,02 -0,04 0,00 -0,02 -0,04 0,02 -0,04 0,02 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,08 -0,04 -0,08 -0,08 -0,08 -0,08 -0,04 -0,08 -0,00 -0,08 -0,04 -0,08 -0,08 -0,04 -0,08 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,08 -0,04 -0,04 -0,08 -0,04 -0

 TABLICA 1.2/2
 POMIERZONE
 ODKSZTAŁCENIA
 BETONU
 TARCZ
 TG-2

	Т	1	r	r								······		
Element	4P kN	27	28	la E _x %•	2a E _x	3a € _x %•	4a € _x %•	5a € _x %•	6a € _x %∙	7a € _x %∘	8a E _x %₀	9a E _x %•	10a € _x %∎	lla E _x
TG-2/Os	200 400 600 800 1000 1200 1400 1600			0,01 0,08 0,18 0,32 0,28 0,35 0,40 0,65	0,03 0,17 0,74 1,30 1,61	0,02 0,06 0,09 0,25 0,30 0,53 1,14 1,44	0,01 0,06 0,05 0,17 0,53 0,69 0,79 0,96	0,02 0,07 0,08 0,10 0,11 0,11 0,11 0,11	0,02 0,05 0,36 0,72 0,87 1,15 1,68 2,12	0,01 0,02 0,05 0,05 0,06 0,25 0,71 0,99	0,03 0,09 0,58 0,97 1,17 1,34 1,57	-0,07 0,00 -0,04 -0,04 -0,06 -0,06 -0,06 -0,06 -0,10	-0,04 -0,06 -0,06 0.02 0,05 0,18 0,60 0,90	-0,02 -0,02 -0,01 0,07 0,35 0,60 0,87 1,12
TG-2/Of	200 400 600 800 1000 1200	0,02 0,00 -0,02 0,02 0,08 0,14	-0,04 -0,12 -0,24 -0,34 -0,42 -0,46	0,01 0,04 0,32 0,46 0,66 0,99	0,00 0,05 0,08 0,56 0,85 0,98	0,00 0,03 0,09 0,77 1,23 1,28	0,02 0,04 0,05 0,06 0,10 0,40	0,00 -0,01 0,11 0,24 0,25 0,35	0,00 0,00 0,00 0,20 0,49 0,62	0,01 0,03 0,04 0,83 1,14 1,58	0,00 0,00 0,00 0,01 0,06 0,14	-0,03 -0,07 -0,11 -0,11 -0,08 -0,06	-0,02 -0,04 -0,05 -0,06 0,00 0,06	0,00 -0,02 -0,02 0,48 0,76 1,01
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	-0,02 -0,04 -0,10 -0,12 -0,20	-0,06 -0,18 -0,32 -0,42 -0,48	0,03 0,08 0,06 0,13 0,29	0,02 0,08 0,47 1,03	0,02 0,05 0,11 0,40 0,63	0,01 0,03 0,05 0,04 0,02	0,00 0,04 0,05 0,05 0,07	0,03 0,05 0,24 0,57 0,82	0,02 0,04 0,06 0,43 0,65	0,01 0,03 0,02 -0,01 0,01	0,00 -0,03 -0,04 -0,07 -0,07	0,00 -0,04 -0,03 0,02 0,06	-0,05 -0,05 -0,05 0,19 0,37
TG-2/tf	200 400 600 800	0,00 0,00 0,02 0,00	-0,04 -0,26 -0,56 -0,74	0,03 0,01 0,23 0,70	0,00 0,08 0,54 1,14	0,00 0,07 0,11 0,09	0,00 0,07 0,13 0,58	-0,04 -0,04 -0,07 0,06	0,00 0,06 0,53 0,95	0,01 0,07 0,12 0,80	-0,01 0,02 0,02 -0,01	-0,05 -0,11 -0,15 -0,12	0,00 -0,02 0,08 0,31	-0,02 -0,02 -0,01 0,30
Element	4P kN	12a 8x	13a 6 _x	14a E _x	15a E _x %.	16a E _x			1 Ey	2 £y	3 £y	4 Ey	5 Ey	6 Ey
TG-2/0s	200 400 600 800 1000 1200 1400 1600	0,00 -0,04 0,00 -0,02 -0,02 -0,06 -0,06 -0,08	-0,01 -0,03 -0,07 -0,07 -0,04 -0,01 0,02 0,07			0,00 -0,03 -0,03 -0,02 -0,02 -0,04 -0,03 -0,03			0,00 -0,02 0,06 0,16 0,16 0,18 0,20 0,20	0,00 0,00 -0,02 0,00 -0,16 -0,20 -0,24 -0,26	0,00 -0,02 -0,08 -0,14 -0,18 -0,20 -0,22 -0,12	0,02 -0,02 -0,08 -0,10 -0,26 -0,28 -0,32 -0,32	0,04 -0,04 0,06 0,06 -0,22 -0,34 -0,26 -0,28	0,00 -0,02 -0,04 0,06 0,00 -0,02 -0,18 -0,20
TG-2/Of	200 400 600 800 1000 1200	-0,02 -0,03 -0,02 -0,07 -0,02 -0,02		-0,05 -0,11 -0,20 -0,28 -0,32 -0,34	-0,04 -0,08 -0,15 -0,10 -0,04 -0,04	-0,01 -0,03 -0,04 -0,06 -0,03 -0,08			0,04 0,04 0,10 0,14 0,16 0,30	0,00 0,00 0,02 0,06 0,08 0,10	0,02 0,00 0,00 0,02 0,02 0,02	0,00 -0,02 -0,02 0,00 -0,02 -0,12	0,00 -0,02 -0,04 -0,04 -0,04 -0,04 -0,20	0,02 -0,04 0,02 0,06 0,04 -0,02
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	0,01 0,00 -0,02 -0,03 -0,02		-0,04 -0,09 -0,18 -0,23 -0,28	-0,04 -0,16 -0,22 -0,23 0,05	-0,02 -0,05 -0,05 -0,05 -0,05 -0,03			-0,02 -0,02 0,00 -0,02 -0,02	0,04 -0,02 0,00 0,04 0,04	-0,02 -0,04 -0,06 -0,12 -0,10	0,02 -0,02 -0,04 -0,08 -0,14	0,00 0,06 -0,06 -0,08 -0,10	0,00 0,00 -0,08 -0,08 -0,10
TG-2/tf	200 400 600 800	-0,03 -0,02 -0,01 -0,06		-0,03 -0,10 -0,22 -0,21	0,01 -0,03 -0,10 -0,14	-0,01 0,00 -0,01 0,00			0,04 0,04 0,24 0,24	-0,02 -0,04 -0,06 -0,10	-0,02 -0,04 -0,08 -0,16	0,02 0,02 0,00 -0,08	0,02 0,02 0,00 0,04	-0,02 -0,02 -0,02 -0,02 -0,10
Element	4P KN	7 Ey %•	8 Ey	9 Ey	10 Ey	11 Ey %•	12 Ey	13 Ey	14 Ey	15 Ey	16 Ey	17 Ey	18 £y	19 Ey
TG-2/0s	200 400 600 800 1000 1200 1400 1600	-0,02 -0,14 -0,02 -0,02 -0,06 -0,06 -0,06 -0,06	0,00 0,02 -0,02 -0,08 -0,08 -0,08 -0,14 -0,08	0,00 -0,08 -0,02 -0,06 -0,06 -0,06 -0,04 -0,04 -0,02	-0,06 -0,12 -0,16 -0,28 -0,36 -0,48 -0,58 -0,88	0,00 -0,04 0,02 0,02 -0,06 -0,12 -0,20 0,38	-0,04 -0,08 -0,18 -0,14 -0,14 -0,14 -0,14 -0,14 -0,14 -0,28	0,06 0,10 0,16 0,16 0,16 0,28 0,40 0,44	0,12 0,04 0,02 0,06 0,08 0,08 0,08 0,06 0,04	0,04 0,02 0,00 -0,02 -0,02 0,00 0,04 0,06	0,00 -0,04 -0,06 -0,08 0,00 -0.04 -0,02 0,02	0,00 -0,08 -0,10 -0,10 -0,10 -0,16 -0,16 -0,24	-0,02 -0,06 -0,10 -0,04 -0,16 -0,18 -0,16 -0,42	-0,06 -0,10 -0,16 -0,20 -0,24 -0,42 -0,48 -0,54
TG-2/0f	200 400 600 800 1000 1200	0,04 -0,04 0,00 -0,10 0,08 -0,04	-0,02 -0,06 -0,02 -0,02 0,02 -0,02	0,00 -0,04 -0,04 0,00 -0,02 0,00	-0,02 -0,04 -0,08 -0,08 -0,14 -0,26	0,04 0,02 -0,06 -0,14 -0,14 -0,16	0,02 0,02 -0,02 0,04 -0,02 -0,02	0,00 0,00 0,06 0,08 0,06 0,06 0,10	0,02 0,02 0,02 0,04 0,06 0,08	-0,02 -0,02 0,02 0,08 0,08 0,10	0,00 0,00 0,02 0,04 0,04 0,04	-0,04 -0,08 -0,08 -0,06 -0,12 -0,16	0,04 0,04 0,04 0,00 -0,18 -0,16	-0,04 -0,12 -0,18 -0,28 -0,40 -0,58
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	0,00 0,04 -0,04 -0,04	0,02 0,04 0,04 0,02 0,00	0,00 0,00 0,02 0,00 0,00	0,04 -0,02 -0,12 -0,18 -0,28	0,02 0,02 -0,06 -0,14 -0,18	-0,02 -0,02 -0,10 -0,10 -0,16	0,00 0,00 0,00 0,04 0,02	0,00 0,10 0,08 0,02 0,06	0,02 0,02 0,00 0,00 0,02	0,02 0,02 0,02 0,02 0,02 0,04	-0,02 -0,04 -0,04 -0,04 -0,08	-0,04 -0,10 -0,16 -0,24 -0,32	-0,02 -0,08 -0,18 -0,34 -0,48
TG-2/tf	200 400 600 800	0,02 0,04 0,10 0,16	-0,02 0,02 0,00 -0,04	0,02 0,02 0,04 0,08	0,00 0,00 -0,02 -0,18	-0,02 -0,04 -0,02 -0,18	-0,02 0,00 0,06 -0,06	0,02 0,02 0,06 0,06	0,00 0,02 0,02 0,12	0,12 0,12 0,12 0,22	0,00 0,00 0,04 0,12	-0,02 -0,06 -0,06 -0,02	-0,02 -0,06 -0,14 -0,18	-0,04 -0,08 -0,20 -0,38

Element	4P kN	20 £y	21 Ey	22 £y	23 Ey %。	24 لاپ م	25 لابع م	31 Ey %.	35 لاي هو			
⊺G-2/0s	200 400 600 800 1000 1200 1400 1600	-0,16 -0,10 -0,12 -0,22 -0,34 -0,42 -0,58 -0,72		0,00 0,02 -0,02 -0,06 -0,06 -0,16 -0,16	-0,04 -0,14 -0,26 -0,20 -0,10 -0,14 -0,24 -0,22	-0,08 -0,14 -0,12 -0,10 -0,08 -0,08 -0,04 -0,04	0,00 0,00 0,00 0,04 0,12 0,08 0,08 0,08	0,00 0,02 -0,02 0,00 0,00 -0,06 0,02 0,20	0,00 0,02 0,02 0,62			
TG-2/0f	200 400 600 800 1000 1200	0,04 0,04 -0,04 -0,26 -0,52 -0,86	-0,16 -0,18 -0,30 -0,56 -0,92 -2,08	0,00 0,00 -0,04 -0,10 -0,14 -0,76	-0,04 -0,12 -0,22 -0,26 -0,24 -0,54	-0,02 -0,08 -0,12 -0,08 -0,12 -0,18	0,00 0,02 0,02 0,06 0,06 0,06	0,00 0,00 0,00 0,20 0,54 1,02	0,00 0,00 -0,02 -0,18 -0,28 -0,40			
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	-0,12 -0,20 -0,32 -0,56 -0,78	-0,12 -0,26 -0,52 -1,06 -2,08	-0,04 -0,14 -0,20 -0,26 -0,24	-0,02 -0,06 -0,10 -0,10 -0,10	-0,02 -0,02 -0,02 0,00 0,02		-0,02 0,04 0,04 0,10 0,22	0,00 0,02 0,02 0,04 0,02			
TG-2/tf	200 400 600 800	-0,04 -0,16 -0,28 -0,62	-0,04 -0,10 -0,34 -0,74	-0,02 -0,02 0,02 -0,04	-0,08 -0,16 -0,26 -0,22	0,00 0,00 -0,06 0,00	0,02 0,02 0,04 0,08	0,00 0,14 0,14 0,20	-0,02 0,00 -0,04 -0,06			

 TABLICA 1.2/3
 POMIERZONE ODKSZTAŁCENIA BETONU TARCZ
 TG-2

TABLICA 2 UGIĘCIA WSPORNIKÓW TARCZ TG-1 i TG-2



İ	TG-	1/0s	TG-	l/Øf	TG-1,	/ts	T G - 1	l/tf	TG-2	2/0s	TG-2	2/0f	TG-2	2/ts	TG-2	/tf
4P kN	y _I	λ ^{II}	y _I	y _{II} mm	y _I mm	y ^{II} ww	y _I mm	y ^{lI}	мш Л	y _{II} mm	у _I mm	y _{II} mm	y I ww	y _{II} mm	y _I mm	mm y ^{II}
200 300 400 600 800 1000 1200 1400	0,57 1,15 1,78 2,86 4,06 5,36	0,39 0,92 1,57 2,86 4,12 5,77	0,63 1,35 1,97 3,23	-	0.32 - 1,06 2,02 2,90 3,97 5,33 7,33	0,18 0,94 1,81 2,65 3,37 4,21 4,97	0.38 0,56 0,90 1,69 2,53 3,46 4,12 4,86	0,24 0,41 0,83 1,66 2,63 3,45 4,40 5,52	0,20 0,54 0,87 1,26 2,04 2,49 2,92	0,36 - 0,70 1,07 1,62 - 2,50 3,13 3,78	0,28 - 0,68 1,28 2.08 2,83 3,88	0,17 - 0,66 1,02 1,60 1,98 2,40	0,31 - 0,72 1,12 1,54 2,13	0,30 - 0,98 1,65 2,34 3.09	0,20 - 0.65 1,19 1,83	0,40 1,00 1,78 2,61



TABLICA 3.2/1 ODKS

ODKSZTAŁCENIA STALI W PRĘTACH ZBROJENIA TARCZY TG-1/tf

4P kN	^S 1,1 E	^S 1,2 E ‰	^S 1,3 E ‰	^S 2,1 E	⁵ 2,2 E‰	^S 2,3 E	^S 3,1 E	^S 3.2 E	^S 3,3 E	^S 4,1 E	^S 4,2 E	^S 4,3 E	^S 5,1 8 %	^S 5,2 E
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,012 0,069 0,171 0,294 0,208 0,233 0,220	-0,008 -0,029 -0,069 -0,135 -0,061 -0,041 -0,037	0,000 0,037 0,024 0,040 0,040 0,040 0,040 0,033	-0,053 -0,122 -0,200 -0,339 -0,282 -0,318 -0,343	0,000 -0,012 -0,045 -0,122 -0,053 -0,053 -0,061	0,008 0,037 0,045 0,045 0,057 0,033 0,045	0,012 0,033 0,045 0,424 0,682 0,857 1,045	0,008 0,012 0,008 -0,094 -0,016 -0,049 -0,061	0,008 0,033 0,024 0,045 0,049 0,029 0,041	0,012 0,029 0,208 0,286 0,429 0,527 0,620	0,008 0,033 0,020 -0,086 0,012 0,559 0,743	0,000 0,020 -0,008 -0,061 0,024 0,004 -0,004	0,004 0,016 0,045 0,008 0,139 0,163 0,171	0,004 -0,024 -0,024 0,053 0,155 0,131 0,159



4P kN	⁵ 5,3 E	⁵ 6,1 ε,	⁵ 6,2 ε,	^S 6,3 E	^S 7,1 E	⁵ 7,2 ٤	^S 7,3 E	^S 8,2 ε	⁵ 8,3 8,°	^S 9,2 ε	⁵ 9,3 E _% 。	^S 10,1 ε	^S 10,2 ε	^S 10,3 E
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,032 0,061 0,049 0,033 0,033 0,033 0,094 0,033	0,024 0,037 0,041 -0,004 0,102 0,057 0,187	-0,004 -0,004 -0,029 -0,089 -0,033 -0,057 -0,073	0,004 -0,029 -0,094 -0,245 -0,257 -0,347 -0,347	0,041 0,139 0,229 0,180 0,278 0,294 0,347	0,000 -0,024 -0,082 -0,208 -0,188 -0,237 -0,237	-0,008 -0,314 -0,563 -0,902 -1,269 -1,743 -2,502	-0,033 -0,065 -0,033 -0,204 -0,208 -0,253 -0,253	0,016 -0,004 -0,057 -0,163 -0,139 -0,257 -0,339	0,000 -0,041 -0,151 -0,278 -0,294 -0,404 -0,547	0,033 0,041 0,020 -0,049 0,012 -0,008 -0,006	-0,061 -0,159 -0,196 -0,290 -0,102 -0,159 -0,200	-0,012 -0,069 -0,139 -0,269 -0,257 -0,351 -0,412	0,037 0,065 0,065 - - 0,065 0,024 0,024
4P KN	0 ₁ ٤、	0 ₂ £	03 8%	0 ₄ £ %。	0 ₅ ٤ %	0 6 %	0 ₉ ٤	0 ₁₀ E %。	ο ₁₁ ε	0 ₁₂ 8 %	0 ₁₃ ٤ %	014 E	0 ₁₅ E	^Z 1,1 E %.
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,061 0,082 0,118 1,535 2,057 2,449 2,873	0,049 0,049 0,041 0,053 0,065 0,041 0,053	0,045 0,057 0,106 2,020 2,702	0,041 0,049 0,065 0,065 0,081 0,073 0,073	0,024 -0,024 0,571 0,722 1,012 1,112 1,404	0,057 0,086 0,110 0,029 0,127 0,135 0,143	0,000 0,049 0,061 0,004 0,122 0,829 1,094	-0,004 -0,020 0,612 1,306 2,069 2,612	0,037 0,024 0,037 0,037 0,049 0,000 -0,003	0,045 0,078 0,371 0,678 0,751 0,784 0,922	0,012 0,004 -0,012 -0,412 -0,624 -0,739 0,918	0,016 0,033 0,053 0,012 0,106 0,155 0,216	0,012 0,004 -0,012 -0,131 -0,127 -0,212 -0,245	0,061 0,829 1,624 2,000 2,376 2,739 2,984
4P kN	ζ _{1,2} ξ	^Z 1,3 E	^Ζ 1,7 ε	Z _{1,8} E	^Z 1,9 E	Z _{1,10} E	Z _{1,11} €	^Z 2,1 E	Z _{2,2} E	^Z 2,3 E	^Z 2,4 E	^Z 2,5 E	^Z 2,6 E	Ζ _{2,7} Ε
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,073 0,433 1,237 1,592 1,971 2,253 2,482	0,073 0,220 0,739 0,996 1,339 1,629 1,882	0,020 0,057 0,869 1,241 1,535 1,767 1,976	0,029 0,033 0,029 - 0,408 0,551 0,731	-0,004 -0,004 -0,012 -0,143 -0,049 0,139 0,302	-0,032 -0,069 -0,127 -0,261 -0,200 -0,241 -0,392	0,004 -0,049 -0,106 -0,237 -0,159 -0,163 -0,208	0,081 0,420 0,812 1,086 1,518 1,824 1,861	0,118 0,722 1,188 1,424 1,861 2,167 2,808	0,102 0,641 1,073 1,286 1,784 2,106 2,596	0,061 0,404 0,457 0,522 0,592 0,629 0,604	0,041 0,343 0,624 0,755 1,078 1,282 1,612	0,037 0,392 0,616 0,718 1,020 1,184 1,445	0,078 0,522 0,869 0,984 1,290 1,412 1,653
4P KN	Z _{2,8}	Z2,9 E	^Z 2,10 E	Z _{2,11} E	^Z 3,1 E	Z3,2 E	^Z 3,3 E	^Z 3,4 E	Z _{3,5} E	^Z 3,7 E%.	^Z 3,8 E	^Z 3,9 E	^Z 3,10 E	^Z 3,11 E %。
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,020 0,090 0,404 0,473 0,702 0,792 0,922	-0,061 0,012 0,000 -0,094 -0,004 -0,012 0,065	0,004 -0,057 -0,118 -0,204 -0,127 -0,216 -0,343	-0,016 -0,269 -0,563 -0,910 -0,951 -1,495 -1,931	0,029 0,265 0,482 0,571 1,102 1,380 1,482	0,016 0,180 0,400 0,502 0,980 1,131 1,176	0,045 0,188 0,388 0,465 0,869 1,045 1,118	0,016 0,122 0,322 0,392 0,800 0,971 1,049	0,016 0,082 0,310 0,420 0,947 1,106 1,114	0,159 0,139 0,041 0,041 0,073 0,151 0,151	0,016 0,176 0,180 0,078 0,480 0,224 0,224	-0,024 -0,032 -0,306 -0,155 -0,004 -0,008 -0,053	-0,073 -0,179 -0,253 -0,416 -0,347 -0,376 -0,433	-0,093 -0,229 -0,371 -0,539 -0,514 -0,445 -0,469
4P	Ζ _{4,1} ε	Ζ _{4,2} ε	Ζ _{4,3} ε	^Z 4,4 E	Ζ _{4,7} ε	Ζ _{4,8} ε	Ζ _{4,9} ε	^Z 4,10 ε	Ζ _{4,11} ε.					
200 400 600 800 1000 1200 1400	% 0,049 0,204 -0,020 -0,155 0,127 0,286 0,379	% • 0,053 0,298 1,580 1,710 2,073 2,265 2,404	% . 0,053 0,131 0,902 1,282 1,771 2,033 2,253	% • 0,033 0,253 1,857 1,833 1,747 1,624 1,469	% . 0,033 0,106 0,522 0,898 1,192 1,388 1,624	%. 0,041 0,061 0,212 0,922 1,142 1,171 1,318	% • 0,004 -0,029 -0,045 -0,163 0,139 0,294 0,359	0,106 0,082 0,053 -0,078 0,171 0,127 0,098	-0,024 -0,057 -0,102 -0,237 -0,127 -0,171 -0,188					





4P KN	⁵ 1,1 8 %.	^S 1,2 E	^S 2,1 E	^S 2,2 E %.	⁵ 3,1 E %.	^S 3,2 E	⁵ 4,1 E %.	54,2 E	^S 5,1 E %.	^S 5,2 E %.	^S 5,3 E %•	56,1 E	56,2 E %.	56,3 E
200 300 400 600 700	-0,040 -0,095 -0,198 -0,286 -0,246	0,016 -0,016 -0,056 -0,048 -0,056	0,040 0,024 0,024 0,095 0,175	0,032 0,016 0,000 -0,008 -0,016	0,016 0,000 -0,040 0,071 0,143	0,016 -0,016 -0,040 0,302 0,468	0,016 -0,008 -0,008 0,040 0,095	-0,016 -0,056 -0,079 -0,095 -0,063	0,024 0,056 0,040 0,104 0,119	-0,016 -0,071 -0,119 -0,190 -0,214	-0,238 -0,500 -0,706 -0,976 -0,940	0,016 -0,032 -0,016 -0,016 -0,008	-0,032 -0,071 -0,151 -0,222 -0,246	-0,024 -0,079 -0,143 -0,135 -0,159
4P kN	^S 7,1 E	^S 7,2 E	^S 7,3 E	^S 8,1 ε	^S 8,2 ε	^S 8,3 E	^S 9,1 E	5 _{9,2} 8	5 _{9,3} 8 %.	5 _{10,1} 8	S _{10,2} E	^S 10,3 E	Ζ _{1,1} ξ ξ.	^Ζ 1,2 ξ %.
200 300 400 600 700	-0,103 -0,214 -0,317 -0,579 -0,682	-0,032 -0,095 -0,167 -0,247 -0,278	0,016 0,000 -0,024 -0,008 0,000	-0,087 -0,206 -0,325 -0,540 -0,683	-0,016 -0,071 -0,143 -0,214 -0,270	0,048 0,032 0,016 0,016 0,040	0,040 0,063 0,143 0,214 0,254	-0,032 -0,087 -0,143 -0,151 -0,175	-0,016 -0,159 -0,349 -0,579 -0,590	0,024 0,056 0,071 0,111 0,175	0,008 -0,008 0,103 0,603 0,802	0,063 0,071 0,056 0,008 0,016	0,079 0,119 0,159 0,730 0,960	0,063 0,103 0,143 0,730 0,889
4P KN	^Z 1,3 E	^Ζ 1,4 ξ	^Z 1,5 E	Ζ _{1,7} ε	^Ζ 1,8 ξ	Ζ _{1,9} ξ	Ζ _{1,11} ξ	Z _{1,12} E	Z _{1,13} E	Z _{1,14} E	Z _{1,15} E	Z _{3,2} E	^Z 3,4 E %.	Ζ _{3,5} ε _ξ
200 300 400 600 700	0,048 0,095 0,127 0,476 0,667	0,048 0,087 0,111 0,460. 0.667	0,056 0,095 0,079 0,381 0,651	0,048 0,063 0,087 0,960 1,135	0,024 0,032 0,032 0,317 0,500	0,024 0,032 0,024 0,008 0,016	0,008 0,008 0,000 -0,048 -0,040	0,016 0,008 0,000 -0,040 -0,056	-0,008 0,000 -0,040 -0,095 -0,119	0,016 -0,016 -0,024 -0,103 -0,119	-0,016 -0,032 -0,056 -0,111 -0,135	0,032 0,063 0,095 0,190 0,206	0,032 0,040 0,087 0,151 0,183	0,048 0,056 0,111 0,198 0,238
4P KN	Z _{3,6} E %.	Z _{3,7} E	^Z 3,8 E	Z _{3,9} E	⁷ 3,10 ٤ % ،	Z _{3,11} E	^Z 3,12 E	Z _{3,13} E %.	Z _{3,14} E %•	Z _{3,15} E	Z4,1 E	Z4,2 E	Z4,4 E	Z4,5 E
200 300 400 600 700	0,048 0,063 0,111 0,190 0,254	0,056 0,048 0,103 0,183 0,214	0,056 0,063 0,079 0,119 0,143	0,024 0,024 0,032 0,040 0,056	0,016 -0,008 0,008 0,000 -0,024	0,000 -0,032 -0,040 -0,056 -0,071	-0,048 -0,087 -0,136 -0,151 -0,159	-0,048 -0,095 -0,119 -0,159 -0,190	-0,095 -0,135 -0,190 -0,246 -0,246	-0,087 -0,111 -0,167 -0,206 -0,198	0,103 0,167 0,310 0,579 0,746	0,071 0,103 -0,016 -0,119 -0,048	0,095 0,167 -0,087 -0,119 0,087	0,071 0,135 0,167 0,167 -0,333
4P kN	Z _{4,6} E	Ζ [′] 4,8 Ε	Z _{4,9} E	Z _{4,10} ε ε.	Z _{4,15} E	^Z 5,1 E	Z _{5,2} E	Z _{5,3} E	Z _{5,4} E %.	Z _{5,7} E	Z _{5,8} E	Z _{5,9} E %•	^Z 5,11 E %•	^Z 5,12 E
200 300 400 600 700	0,050 0,080 0,198 0,476 0,603	0,048 0,063 0;158 0,111 0,238	0,055 0,064 0,024 0,127 0,215	0,032 0,063 0,071 0,032 0,032	0,000 -0,024 -0,071 -0,143 -0,175	0,103 0,183 0,452 0,849 1,095	0,119 0,167 0,333 0,675 0,897	0,087 0,167 0,413 0,722 0,937	0,111 0,198 0,722 1,056 1,286	0,071 0,119 0,079 0,333 0,532	0,063 0,087 0,317 0,603 0,778	0,056 0,071 0,238 0,754 1,270	0,024 0,024 0,056 0,127 0,230	0,016 0,008 -0,024 0,016 0,071
4P KN	^Z 5,13 E	Z _{5,14} E	^Z 5,15 E	4P KN	^Z 5,13 E _% .	^Z 5,14 E _% 。	Z _{5,15} E	4P kN	Z _{5,13} E	Z _{5,14} E	^Z 5,15 E		8	
200 300	-0,008 -0,040	-0,071 -0,175	-0,080 -0,214	400 600	-0,103 -0,175	-0,294 -0,484	-0,357 -0,587	700	-0,230	-0,627	-0,730			



+						·						1		
4P	^{.5} 2,1	⁵ 2,2	^S 3,1	⁵ 3,2	S _{4,1}	⁵ 4,2	^S 5,1	⁵ 5,2	⁵ 6,1	^S 6,2	^S 7,2	⁵ 7,3	^S 9,2	⁵ 9,3
kN	٤.	٤	\$.	<u>،</u> ع	<u>،</u> *	\$*	چ 3	3%	ع *،	٤ %	\$ 3	٤ %	٤ %。	ع %
200 400 600 800 1000 1200 1400	-0,02 -0,23 -0,33 -0,60 -0,69 -0,87 -1,20	0,00 -0,11 -0,12 -0,30 -0,23 -0,27 -0,38	0,02 -0,06 0,21 -0,13 0,27 0,32 -0,27	0,02 -0,05 -0,06 -0,23 0,16 -0,20 -0,23	_	0,03 -0,02 -0,47 -0,48 0,46 0,51 0,59	0,02 -0,13 0,09 -0,11 0,13 0,24 0,32	0,03 -0,02 -0,73 0,03 0,27 0,59 0,75	0,03 0,07 0,35 0,40 0,64 0,78 0,92	0,03 -0,01 0,34 -0,27 -0,48 0,98 0,79	0,02 -0,03 0,03 0,03 0,16 0,30 0,44	0,02 -0,02 0,01 -0,09 0,05 0,20 0,48	-0,01 -0,06 -0,04 -0,19 -0,14 -0,17 -0,27	-0,01 -0,15 -0,20 -0,41 -0,48 -0,54 -0,64
4P	S _{10,2}	S _{10.3}	S _{12,1}	^S 12,2	^S 13,1	^S 13,2	Z _{1,1}	Z _{1,3}	Z _{1,4}	Z _{1,5}	Z _{1,6}	Z _{1,7}	Z _{1,8}	Z _{1,9}
KN	۶ %	<u>۶</u>	<u>۶</u>	ڊ %	٤ %	٤ °°	۲ °°	٤	ڊ %	<u>چ</u>	3	ے چو	ے °	مو
200 400 600 800 1000 1200 1400	-0,02 -0,13 -0,15 -0,35 -0,37 -0,48 -0,55	-0,05 -0,27 -0,36 -0,59 -0,82 -1,30 -3,20	-0,01 -0,02 0,02 -0,06 -0,04 -0,08 -0,22	-0,02 -0,05 -0,08 -0,21 -0,18 -0,20 -0,27	-0,04 -0,15 -0,24 -0,45 -0,55 -0,73 -0,97	-0,01 -0,11 -0,13 -0,28 -0,28 -0,34 -0,45	0,15 0,69 1,49 1,66 2,11 2,38 3,95	0,13 0,54 0,91 1,13 1,46 1,96 2,59	0,07 0,41 0,93 1,22 1,68 2,15 2,76	0,03 0,11 1,30 1,39 1,74 2,00 2,78	0,03 0,11 0,74 1,09 1,58 1,93 2,45	0,03 0,05 0,80 1,03 1,41 1,80 2,40	-0,01 -0,05 0,04 0,10 0,54 1,54 2,24	0,00 -0,03 0,05 0,06 0,07 0,07 0,17
4 P	Z _{1,13}	Z _{2,1}	Z _{2,2}	Z _{2,3}	Z _{2,4}	Z _{2,5}	Z _{2,6}	^Z 2,7	Z _{2,8}	Z _{2,9}	Z _{2,10}	Z _{2,11}	Z _{2,13}	Z _{3,1}
kN	٤	٤	٤,	٤	<u>چ</u>	<u>ج</u>	_ع %	ع %	پ	ے °	ع م	3	3	٤ °°
200 400 600 800 1000 1200 1400	-0,01 -0,11 -0,11 -0,20 -0,23 -0,28 -0,29	0,21 0,73 1,27 1,56 1,98 2,08 -1,92	0,20 0,77 1,23 1,42 1,76 2,01 2,53	0,16 0,66 1,06 1,26 1,60 1,67 2,44	0,16 0,66 1,02 1,13 1,46 1,70 2,08	0,15 0,59 0,95 1,09 1,41 1,69 2,14	0,11 0,65 0,98 1,14 1,44 1,77 2,20	0,05 0,72 1,02 1,13 1,40 1,68 2,03	0,06 0,59 0,87 0,94 1,20 1,45 1,78	0,04 0,73 0,79 0,77 0,98 1,27 1,43	0,02 0,29 2,06 2,47 2,80 -2,47 -2,21	0,00 0,02 0,25 -0,17 -0,22 -0,20 -0,19	-0,06 -0,23 -0,30 -0,36 -0,40 0,16 0,13	0,11 0,54 0,92 1,09 1,33 1,48 1,52
4P KN	^Z 3,3 E	Z 3,4 E %	Z3,5 E	Z _{3,6} E	Z _{3,7} £	² 3,8 ٤	Z3,9 E	Z _{3,10} E	Z _{3,13} E%.	Ζ _{4,1} ε _% 。	^Z 4,3 E%	Z _{4,4} E	^Z 4,5 E	^Z 4,6 8
200 400 600 800 1000 1200 1400	0,08 0,42 0,75 0,90 1,13 1,26 1,43	0,12 0,52 0,75 0,88 1,08 1,16 1,31		-0,20 0,03 0,95 1,03 1,12 1,23 1,29	0,02 0,30 0,48 0,50 0,62 0,68 0,79	0,00 0,04 0,16 0,13 0,19 0,23 0,32	-0,03 -0,04 0,01 -0,05 -0,05 -0,07 0,04	-0,05 -0,12 0,09 -0,19 -0,19 -0,24 -0,24	-0,05 -0,19 -0,20 -0,30 -0,30 -0,35 -0,34	0,07 0,54 1,10 1,52 1,91 2,06 2,20	0,08 0,51 0,98 1,30 1,59 2,06 2,75	0,06 0,23 0,80 1,16 1,55 1,80 1,95	0,05 0,05 0,77 1,01 1,35 1,68 2,11	0,05 0,59 1,15 1,39 1,76 2,17 2,87
4P KN	^Z 4,7 E %	^Z 4,8 ε	^Z 4,9 ε	Z _{4,13} E	^Z 5,11 E %.	4P kN	^Z 4,7 E _% 。	^Z 4,8 E _% 。	^Z 4,9 E	^Z 4,13 E _% 。	^Z 5,11 E _% 。			
200 400 600 800	0,05 0,09 0,61 1,30	0,05 0,17 0,27 0,95	0,05 -0,03 -0,11 -0,05	0,07 -0,11 -0,09 -0,19	0,00 -0,02 0,08 -0,05	1000 1200 1400	1,56 1,82 2,33	1,37 2,13 2,48	-0,22 -0,09 0,20	-0,20 -0,22 0,19	0,09 0,09 0,23			



400 600 800 1000 1200	0,414 0,664 0,805 0,930 1,008	0,234 0,711 1,055 1,234 1,391	0,102 0,555 0,820 0,938 1,031	0,092 0,586 0,766 0,859 0,930	0,094 0,367 0,477 0,523 0,586	- 0,289 0,281 0,242	400 600 800 1000 1200	2,188 1,852 0,117	0,195 0,586 0,898 1,219 1,515	0,102 1,398 2,313	0,102 0,453 0,633 0,813 1,258	0,063 0,352 0,453 0,570 0,805	0,086 0,250 0,313 0,367 0,445
1200 1400 1600	1,008 1,086 1,164	1,391 1,586 1,727	1,031 1,188 1,250	0,930 1,008 1,055	0,586 0,617 0,656	0,242 0,203 0,148	1200		1,515		1,258	0,805	0,445

TABLICA 3.6



Element	4P KN	^S 1,1 E	⁵ 1,2 ٤	⁵ 3,2 ٤	⁵ 4,2 ٤	⁵ 4,3 ^E %.	⁵ 5,2 ^E	56,2 E	N ₁ 8	Ν ₂ ε	^Z 1,1 E	Ζ _{1,2} ε	Ζ _{1,3} ξ	² 1,4 ٤
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	-0,172 -0,430 -0,656 -0,914 -1,256	-0,070 -0,172 -0,234 -0,328 -0,406	-0,016 -0,070 -0,211 -0,336 -0,414	-0,008 -0,023 -0,195 -0,352 -0,438	-0,148 -0,430 -0,742 -1,023 -1,492	-0,039 -0,117 -0,234 -0,352 -0,555	-0,039 -0,094 -0,211 -0,305 -0,391	-0,023 -0,125	-0,063 -0,258 -0,359 -0,672 -0,961	0,234 0,391 0,609 1,047 1,359	0,180 0,330 0,391 1,090 1,148	0.141 0,180 0,258 0,789 1,211	0.117 0,133 0,164 0,640 1,148
TG-2/tf	200 400 600 800	-0,172 -0,460 -0,764 -1.287	-0,070 -0,172 -0,273 -0,382	-0,016 -0,094 -0,218 -0,398	-0,023 -0,109 -0,226 -0,359	-0,195 -0,601 -1,076 -1,661	0,000 -0,078 -0,078 -0,140	0,016 -0,094 -0,211 -0,312	-0,024 -0,133 -0,257 0,000	-0,094 -0,320 -0,468 -0,632	0,101 0,172 0,265 0,671		0,078 0,109 0,109 0,710	0,078 0,094 0,070 0,718
Element	4P kN	^Z 1,5 E %	Z _{1,6} E	^Ζ 1,7 ε.	Ζ _{1,8} ε	^Ζ 2,1 ε,	^Ζ 2,2 ε	^Z 2,3 E	Ζ _{2,4} ε	^Z 2,5 E _% 。	^Z 2,6 E	^Ζ 2,7 ε	^Ζ 2,8 ε.	^Ζ 2,9 ε
TG-2/ts	200 400 600 800 1000	0,117 0,133 0,156 0,844 1,328	0,094 0,125 3,510	0,102 0,125 1,219 1,844 2,250	0,109 0,133 0,164 0,391 0,547	0,227 0,758 1,141 1,602 2,023	0,203 0,742 1,133 1,531 1,891	0,156 0,742 1,102 1,445 1,766	0,133 0,648 1,023 1,289 1.563	0,094 0,414 0,734 0,945 1,102	0,094 0,211 0,750 1,008 1,172	0,023 0,094 0,578 0,797 0,930	0,023 0,055 0,414 0,602 0,742	-0,102 -0,266
TG-2/tf	200 400 600 800	0,070 0,078 0,039 0,772	0,086 0,125 0,133 0,616	0,086 0,133 0,164 0,421		0,250 0,445 0,725 1,310	0,109 0,413 0,671 1,279	0,101 2,371	0,086 0,257 0,429 0,835		0,078 0,109 0,273 0,445	0,062 0,070 -0,016 0,226		-0,008 -0,008 0,008 0,304
				TG-2/t	5				TG-2/-	tf				
	4P KN	^Z 2,11 E %。	^Z 3,1 E %.	^Z 3,2 E	^Z 3,3 E	^Z 3,4 E %。	^Z 3,5 £ %	4P kN	^Z 2,11 E _% 。	^Z 3,1 E	^Z 3,2 E%	^Z 3,3 E _% 。	Z _{3,4} E %.	۲ _{3,5} ٤ _%
	200 400 600 800		0,055 0,102 0,469 0,766 0,976	0,031 0,047 0,258 0,523 0,727	0,031 0,070 0,141 0,367 0,570	0,016 0,055 0,047 0,141 0,193	0,016 0,55 0,063 0,063 0,063	200 400 600 800	-0,109 -0,289 -0,562 -0,772	0,070 0,304 0,796 1,256	0,055 0,242 0,569 0,835	0,031 0,086 0,421 0,694	0,031 0,125 0,296 0,390	0,039 0,094 0,109 0,226



	Szei	rokos	ść ro	ozwai	rcia	rys	a _f [10 ⁻²	mm	prz	y ob	ciąż	eniu	4P [κN]
Nr		300			40	0		600			800			1000	
rys	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
12345676901123456789011234567890112345678901222222222233333333444244444445678901222222222222222222222222222222222222	2433 533 - 433123334 - 82673	- - 7 2 4 4 3 4 - 5 - 3 4 - 3 - 6 -		3487 3533 - 553224446 - 7485525 - 23 -			5 8 0 5 9 - 5 2 5 3 5 3 4 8 7 5 0 - 5 5 7 3 8 3 4 - - 5 7 - 5 7 5 5 - 2 5 4 8 7 5 0 - 5 7 3 5 7 3 4 8 7 5 0 - 5 7 3 5 7 3 5 7 5 7 5 7 5 7 5 7 5 7 5 7	$\begin{array}{c} 2 \\ -5 \\ -5 \\ 27 \\ -4 \\ 26 \\ 4 \\ -3 \\ 7 \\ -6 \\ 6 \\ -8 \\ -11 \\ 15 \\ -5 \\ -5 \\ 15 \\ -3 \\ -4 \\ -5 \\ 43 \\ -1 \\ -1 \\ -5 \\ -3 \\ -4 \\ -5 \\ 43 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -5 \\ -3 \\ -4 \\ -5 \\ -3 \\ -4 \\ -5 \\ -3 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1$	$ \begin{array}{c} - \\ - $	$\begin{array}{c} 5\\ 15\\ 10\\ 12\\ -\\ -\\ 7\\ 8\\ 5\\ 7\\ 2\\ 10\\ 4\\ 5\\ 4\\ 7\\ 10\\ 5\\ 8\\ 5\\ -\\ 15\\ 6\\ 0\\ 5\\ 8\\ 7\\ 2\\ 3\\ 10\\ -\\ -\\ 12\\ -\\ 3\\ 3\\ 2\\ -\\ 8\\ 5\\ -\\ 15\\ 10\\ -\\ -\\ -\\ 2\\ 1\\ 10\\ -\\ -\\ 2\\ 1\\ 1\\ 1\\ 0\\ -\\ -\\ 2\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 0\\ -\\ -\\ 2\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\ 1\\$	$\begin{array}{c} & 7\\ & 7\\ & 2\\ & 0\\ & 2\\ & 2\\ & 7\\ & 7\\ & 5\\ & 7\\ & 8\\ & 9\\ & 0\\ & 10\\ & 15\\ & 19\\ & 2\\ & -\\ & -\\ & 10\\ & 7\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & -\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & 6\\ & 0\\ & 7\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -\\ & -$	$ \begin{array}{c} - \\ - \\ - \\ 15 \\ - \\ 10 \\ 2 \\ - \\ - \\ 12 \\ - \\ 12 \\ - \\ - \\ 12 \\ - \\ - \\ 25 \\ - \\ - \\ - \\ 3 \\ - \\ $	$\begin{array}{c} 4\\ 15\\ 20\\ 45\\ -\\ 3\\ 10\\ 5\\ 7\\ 3\\ 4\\ 8\\ 7\\ 7\\ 12\\ -\\ 5\\ 7\\ 3\\ 10\\ 5\\ 7\\ 3\\ 4\\ 8\\ 7\\ 7\\ 12\\ -\\ 5\\ 7\\ 3\\ 10\\ 5\\ 15\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 10\\ 5\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 5\\ 15\\ 15\\ 15\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 7\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15\\ 15$	$ \begin{array}{r} 15 \\ 53 \\ 50 \\ -35 \\ 87 \\ -87 \\ -87 \\ -87 \\ -87 \\ -87 \\ -87 \\ -7 \\ -7 \\ $	$ \begin{array}{c} - \\ - $



TABLICA 4.2 SZEROKOŚCI ROZWARCIA RYS TARCZY TG-1/Of



Nr	Sz	erok	ດຣ໌໔ ນ	COZWA	arci	a rys	af	[10	-2 m	m p	rzy obciążeniu 4P [kŊ							
rys		400			600			800			100	0		1100			130	0
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
123456789011234567890122345678901234567890123456789012345678901234555555555555555555555555555555555555	55223			67 - 2221155 - 5343 - 211 - 14 - 11111 -	3166 133 - 56231 - 31 1 3 412 -		8 10 - 6 6 8 10 10 18 5 8 5 2 8 - 5 2 3 - 8 - 6 - 8 10 10 18 5 8 - 5 2 8 - 5 2 8 - 5 2 - 5 8 - 5 2 3 - 4 5 6 - 2 1 - 2 - 3 - 8 - 8 - 5 - 10 - 10 	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	6 15 - 25 - 1 - - 12 - - - - - - - - - - - - -	$\begin{array}{c} 12\\12\\5\\-\\10\\10\\12\\12\\8\\12\\12\\8\\12\\12\\18\\12\\-\\8\\5\\0\\-\\5\\3\\-\\7\\-\\8\\12\\5\\2\\2\\2\\2\\3\\1\\3\\-\\\end{array}$	1022835558 180282 88- 8- 10- 3- 1888322 55- 55- 5- - - - 1 1888322 55- 58- - 3- - 35- 5- - - - 1	8 15 - 8 - 32 - - 2 - - - - - - - - - - - - -	$\begin{array}{c} 18\\ 15\\ 5\\ -10\\ 10\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c} 18\\ 18\\ 5\\ -2\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 12\\ 1$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$



		Szer	okoś	ć roz	zward	cia 1	rys a	f E	10-2	mm] przy obciążeniu 4P [kN]														
Nr		300			400			600			800			1000		1200			1400					
rysy	Ι	II	III	Ι	11	III	I	II	III	Ι	II	III	Ι	II	III	I	II	III	I	II	III			
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 5 6 7 8 9 0 11 12 23 4 5 6 7 8 9 0 11 12 23 4 5 6 7 8 9 0 11 12 23 4 5 6 7 8 9 0 11 12 23 4 5 6 7 8 9 0 11 22 23 4 5 6 7 8 9 0 11 22 23 4 5 6 7 8 9 0 11 22 23 4 5 6 7 8 9 0 11 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 23 4 5 6 7 8 9 0 1 22 3 3 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 3 3 5 6 7 8 9 0 1 2 3 1 2 5 6 7 8 9 0 1 2 3 1 1 2 3 1 5 6 7 8 9 0 1 1 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 5 3 2 3 - - 3 2 2 2 5			1 5454 - 355355 - 2 2 54552	$ \begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$		1 74542 557576 - 5 5 5 5 7 5 7 6 - 5 5 7 5 5 4 8 4 5 5 7 5 5 3 4 5 4 5	4 3 - 4 35 5555 4 3223565 7 4 - 1 5	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c}1\\12\\6\\8\\4\\2\\7\\7\\10\\8\\7\\12\\-\\5\\-\\8\\60\\7\\5\\-\\0\\8\\10\\6\\4\\-\\6\\-\\5\\5\\3\\-\\-\\4\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\4\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\4\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\4\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\4\\5\\-\\-\\3\\5\\-\\-\\-\\-$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$ \begin{array}{c} 111\\ -\\ 3\\ -\\ 10\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$\begin{array}{c} 1\\ 12\\ 6\\ 12\\ 4\\ 2\\ 10\\ 8\\ 10\\ 10\\ 15\\ -2\\ 7\\ -5\\ 12\\ 8\\ 10\\ 10\\ 8\\ -5\\ 10\\ 8\\ -6\\ 12\\ 5\\ 10\\ 5\\ -1\\ 6\\ 5\\ -3\\ 5\\ -1\\ -3\\ -1$	$\begin{array}{c} 11\\ 8\\ -\\ -\\ -\\ 8\\ -\\ -\\ -\\ -\\ 8\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 111\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 1\\ 30\\ 10\\ 12\\ 4\\ 3\\ -\\ 15\\ 8\\ 15\\ 8\\ 12\\ 10\\ -\\ 6\\ -\\ -\\ -\\ 6\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 11\\ 6\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 1111 \\ - \\ 5 \\ - \\ 12 \\ - \\ 6 \\ 5 \\ - \\ 10 \\ 15 \\ - \\ 4 \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$	$ \begin{array}{c} 1\\ 65\\ 10\\ 18\\ 5\\ 3\\ -\\ 18\\ 8\\ 10\\ 12\\ -\\ 6\\ 6\\ -\\ 15\\ -\\ 6\\ 6\\ -\\ -\\ 15\\ -\\ 6\\ -\\ -\\ 8\\ 5\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 11\\ 10\\ -\\ -\\ 10\\ -\\ 10\\ -\\ 10\\ -\\ 10\\ 25\\ 8\\ -\\ 10\\ 12\\ -\\ 10\\ 12\\ -\\ 12\\ -\\ 10\\ 12\\ -\\ 10\\ 12\\ -\\ 10\\ -\\ 5\\ 10\\ -\\ 5\\ 10\\ -\\ 5\\ 10\\ -\\ 5\\ 10\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{array}{c} 111 \\ - \\ 8 \\ - \\ 15 \\ - \\ 8 \\ - \\ 12 \\ 30 \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$			
50													3	-	-	4	-	-	6	-	-			



TABLICA 4.4 SZEROKOŚCI ROZWARCIA RYS TARCZY TG-1/tf



Νr	Szerc	okość i	rozward	cozwarcia rys a _f [10 ⁻² mm] przy obciążeniu –										P [kN]				
rysy	400		600			800		1	000			1200		1400				
	I II	III	III	III	I	II	III	I	II	III	Ι	II	III	I	II	II		
123456789011234567890012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345567890123455678901234556789012345567890123455678901234556789012345567890123455678901234556789001234556789001234556789001234556789001234556789001234556789001234556789001234556789000000000000000000000000000000000000	2 - 3 1 2 3 1 - 3 - 4 - 3 1 - 3 1 - 3 - - 2 - 1 - 2 - - 2 - - 2 - - - 2 - - - - - - - - - - - - - -		$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		$\begin{array}{c} 7\\ 10\\ 8\\ 1\\ 10\\ 12\\ 12\\ 10\\ 12\\ 7\\ 15\\ -6\\ 8\\ 10\\ 56\\ 7\\ -7\\ 36\\ 52\\ -3\\ 8\\ 2\\ 14\\ -\\ -10\\ 510\\ 10\\ 11\\ 1\\ -\\ -3\\ -3\\ 3\\ -\end{array}$	$ \begin{array}{c} 1 \\ 8 \\ 5 \\ 5 \\ 1 \\ - \\ 8 \\ 1 \\ 5 \\ 5 \\ - \\ 1 \\ 8 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ - \\ 1 \\ 0 \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$		$ \begin{array}{c} 10\\ 8\\ 10\\ 5\\ 10\\ 12\\ 15\\ 8\\ 12\\ 12\\ 8\\ 10\\ 10\\ 6\\ 10\\ 5\\ 2\\ -\\ 6\\ 8\\ 3\\ 5\\ 6\\ -\\ -\\ 10\\ 8\\ 5\\ 2\\ -\\ 8\\ -\\ -\\ 8\\ -\\ -\\ -\\ 8\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$\begin{array}{c} 2 \\ 12 \\ 6 \\ 8 \\ 1 \\ 2 \\ - \\ - \\ 8 \\ 2 \\ 3 \\ 8 \\ 15 \\ - \\ 18 \\ 10 \\ - \\ 3 \\ - \\ 8 \\ 2 \\ 5 \\ 3 \\ 10 \\ - \\ - \\ 2 \\ 2 \\ - \\ - \\ 2 \\ 2 \\ - \\ -$	$ \begin{array}{c} - \\ 2 \\ - \\ - \\ 1 \\ 5 \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ 5 \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ - \\ 5 \\ - $	$\begin{array}{c} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\$	$\begin{array}{c} 5\\ 20\\ 5\\ 6\\ 22\\ -\\ -\\ 10\\ 5\\ 5\\ 8\\ 5\\ -\\ 20\\ -\\ 18\\ -\\ 5\\ -\\ 12\\ 2\\ 5\\ 5\\ 10\\ -\\ -\\ 5\\ 20\\ -\\ -\\ 5\\ 20\\ -\\ -\\ 5\\ 20\\ -\\ -\\ -\\ 5\\ 20\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$ \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ - \\ - \\ - $	15255025025 - 2082022 - 28858 8255225 5 - 60 - 32 2 - 82	$\begin{array}{c} 12\\ 20\\ 10\\ 10\\ 3\\ 5\\ -\\ 12\\ 12\\ 8\\ 8\\ 18\\ 3\\ 0\\ -\\ 0\\ 8\\ 12\\ 2\\ 8\\ 12\\ 8\\ 12\\ 8\\ 12\\ 8\\ 12\\ 10\\ 10\\ 5\\ -\\ -\\ 8\\ 8\\ 12\\ -\\ -\\ -\\ 8\\ 8\\ 12\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$\begin{array}{c} -6\\ 2\\ 3\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$		



10-2 Szerokość rozwarcia rys a_f mm przy obciążeniu 4P kN_ Ł TG-2/tf Nr TG-2/0s 500 800 1200 1400 1600 500 600 800 600 1000 rysy I | II | III II I | II | III II III Ι IIII III III I Ι IIIII III 25 15 10 10 7 10 10 10 10 5 7 3 -2 -10 7 10 20 15 30 12 20 -5 10 7 5 7 15 2 6 12 2 5 2 4 6 3 5 3 2 -7 -123456789 8 5 ---5 5 --5 5 --7 5 ---5 5 ----2 10 15 10 5 5 5 5 3 10 -20 ------15 5 10 40 15 25 25 _ ------15 5 -5 15 --6 2 _ -7 10 -10 10 8 7 ----_ --15 10 12 7 --3 -7 5 -3 2 10 15 _ -4 ---10 10 5 12 5 20 5 7 20 --5 10 5 4 -7 ----4 -2 4 5 5 5 5 5 5 15 12 7 5 -5 6 -4 -_ -4 4 -5 12 4 -2 -5 5 ---5 5 9 10 10 7 2 -3 --20 5 11 10 15 20 30 10 30 20 -2 4 9 --3 -12 2 -7 7 ----15 15 3 13 8 -20 _ -_ 6 ---14 15 -8 -6 15 20-25 -25 8 ------4 2 5 -_ --------5 5 15 2 8 3 10 1 12 -15 25 7 16 _ --17 18 20 22 4 10 12 20 -----3 -----5 4 --4 19 20 ---_ -_ ----21

22							-	-5	-	-	10	-	-	15	-				-	-		
23							5	-	-	5	-	-	5	-	-				-	-	-	
24							-		-	-	-	-	-		5				-	-	-	
25							10	-	-	15	-	-	25	-	-							
26										-	-	-	-	-	-							
27										5	-	-	5	-	-							
28										-	4	-	-	20	-							
29										. –	-	5	-	10	15							
30										-	-	- 5	-	-	7							
31										-	<u> </u>	10	-	10	20							ļ

-



Nr		5-2/1	Df										TO	6-2/1	s										
rysy		600			800			1000	0	1	200			500			600	1	800				1000		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	Ι	II	IIĮ	I	II	III	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 3 4 5 6 7 8 9 0 11 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	23 - 525441 -	5 5		4 5 - 6 8 10 5 8 1 1 - 3 5 - * 5 - 4 5 2 1 1	7		5 6 - 10 10 10 5 10 1 2 1 5 - 7 1 * 10 - 7 1 * 10 - 7 1 * 10 - 7 1 * 7 * 7	6 - - 5 8 20 - 4 10 - 5 8 - - - 5 8 - - - - - - - - - - - -		$\begin{array}{c} 8\\ 5\\ -\\ 10\\ 10\\ 5\\ 10\\ 1\\ 5\\ 1\\ 5\\ -\\ -\\ 10\\ 2\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\ -\\$	$\begin{array}{c} 10 \\ - \\ 1 \\ - \\ 5 \\ - \\ 5 \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$	1 - - - 4 - - - - - - - - - - - - - - -	1 5 2 2 2	2		1 5 5 3 1 1 1 3 2			2 10 5 5 3 3 10 3 2 2 3 4 3 - 1 - 3	3 2 1 7 12 1 - - - - - -		5 22 5 5 10 12 10 12 3 3 5 7 5 8 - 1 - 4 3 - - 1 3 -	5 3 2 3 15 20 - 3 - - - - 10 - 11 - - 11 -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - -	

* brak możliwości pomiaru

Zakład Graficzny Wydawnictw Naukowych Łódź, ul. Żwirki 2