

BADANIA DOŚWIADCZALNE ELEMENTÓW
I KONSTRUKCJI BETONOWYCH
ZESZYT 3

**Nośność na przebicie
w aspekcie proporcji boków słupa**

Tadeusz Urban

BIBLIOTEKA GŁÓWNA PŁ
BIBLIOTEKA BUDOWNICTWA I ARCHITEKTURY
P. *M-23*

Łódź 1994

Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego
Wydziału Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej

BADANIA DOŚWIADCZALNE ELEMENTÓW
I KONSTRUKCJI BETONOWYCH
ZESZYT 3

BIBLIOTEKA GŁÓWNA PŁ
BIBLIOTEKA BUDOWNICTWA I ARCHITEKTURY
P. 14-23

**Nośność na przebicie
w aspekcie proporcji boków słupa**

Tadeusz Urban

Łódź 1994
Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego
Wydziału Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej

Kierownik Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej
prof. dr inż. Andrzej Ajdukiewicz

Redaktor naukowy publikacji
dr inż. Artem Czkwianianc

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

Skład tekstu i opracowanie graficzne
Adam W. Wojda
Jacek Filipczak

ISSN 1230-6010

SPIS TREŚCI

1.	WPROWADZENIE.....	5
2.	STAN WIEDZY	5
3.	PRZESŁANKI DO PROGRAMU BADAŃ	6
4.	PROGRAM BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH.....	8
5.	REALIZACJA BADAŃ.....	9
6.	WYNIKI BADAŃ.....	10
7.	ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ.....	11
	7.1. Odkształcenia i naprężenia w zbrojeniu	11
	7.2. Odkształcenia betonu na słupie	13
	7.3. Ugięcia	14
	7.4. Morfologia rys	15
	7.5. Mechanizm niszczenia	16
	7.6. Analiza wpływu parametru d/b	16
	7.7. Wpływ proporcji boków słupa	18
8.	WNIOSKI.....	20

Streszczenie

Praca zawiera wyniki badań na przebicie 13 modeli złączy płytowo-słupowych. Przedmiotem badań było ustalenie wpływu proporcji boków słupa prostokątnego na pracę złącza, a zwłaszcza na jego nośność. Eksperyment został poprzedzony studium stanu wiedzy w tym zakresie. Wyniki doświadczeń pozwoliły autorowi na sformułowanie generalnego wniosku, że na nośność na przebicie nie ma istotnego wpływu proporcji boków słupa b_x/b_y w zakresie od 1/1 do 1/4.

Istotnym parametrem okazał się natomiast stosunek grubości płyty do boku słupa (h/b). Została sformułowana analityczna zależność tego parametru zarówno dla słupów o przekroju prostokątnym jak również kołowym.

Summary

This report presents results of research work of 13 models slab-column joints for punching. The subject of research work was determination of the influence of sides of rectangle column proportion on the joint work, particularly joint load capacity. The experiment was proceeded by studying on previous knowledge in this aspect. The results of the experiments allowed the author to formulate the general conclusion, that the proportion of rectangular column sides (b_x/b_y) has not important influence on the load capacity punching in the range between 1/1 to 1/4.

The most important was the relation between plate thickness on column sides (h/b). The analytic relationship of this parameter was formulated for the column with the rectangular cross-section and for the one with the circular cross-section.

1. WPROWADZENIE

Rozwój konstrukcji monolitycznych, w tym także szkieletu bezryglowego (“plyta-słup”) rodzi konieczność rozwiązywania wielu problemów obliczeniowych i konstrukcyjnych. Jednym z nich jest problem przebiecia. Podobnie jak w innych zagadnieniach teorii konstrukcji żelbetowych, najskuteczniejsze metody obliczeniowe nośności na przebiecie formułowane są na podstawie analizy badań eksperymentalnych.

Zaletą dobrej metody obliczeniowej jest jej uniwersalność, umożliwiającą stosowanie we wszystkich występujących w praktyce przypadkach inżynierskich. Trzeba zdawać sobie sprawę, że postulat uniwersalności metody jest na ogół sprzeczny z dobrą zgodnością z doświadczeniem. W odniesieniu do przebiecia taka metoda powinna uwzględniać różne usytuowanie słupa w konstrukcji (słupy wewnętrzne, skrajne, narożne), możliwość występowania otworów w strefie przysłupowej, różnorodny sposób zbrojenia konstrukcji itp.. Takie właśnie metody powinny być wykorzystane w przepisach normowych.

W literaturze technicznej z zakresu problematyki przebiecia można znaleźć wiele propozycji metod obliczeniowych, ale dotyczą one zwykle wąskich wycinków rozważanego zagadnienia. Jedną z nielicznych prac spełniających postulat uniwersalności jest metoda *Herzog'a* [1], uwzględniająca większość istotnych parametrów wpływających na nośność na przebiecie.

W pracy [2] autor udowodnił, wykorzystując szeroki i reprezentatywny wachlarz badań, że mechanizm niszczenia na przebiecie zależy przede wszystkim od następujących parametrów:

- wymiarów geometrycznych złącza (d i b),
- proporcji wysokości użytkowej płyty do boku słupa (d/b),
- wytrzymałości betonu (f_c),
- stopnia zbrojenia płytowego (ρ , ρ'),
- granicy plastyczności zbrojenia (f_y),
- wielkości mimośrod ($e=M/V$).

Analiza licznych badań modelowych osiowego przebiecia [3,4] wykazuje, że wyczerpanie nośności jest możliwe ze względu na zginanie lub ścinanie. Ścisłe rozdzielanie tych dwóch mechanizmów jest trudne i dlatego niektórzy badacze wprowadzają jeszcze mechanizm pośredni: tnąco-gnący. Przyjmując taką fizykę zjawiska autor pracy [2] założył trzy obszary mechanizmów niszczenia płyty na przebiecie. Wykazał, że rozgraniczeniem tych zakresów są następujące wartości parametru $\rho \cdot f_y / f_c$:

- zginanie $\rho \cdot f_y / f_c \leq 0.15$
- zginanie ze ścinaniem $0.15 < \rho \cdot f_y / f_c \leq 0.30$
- ścinanie $\rho \cdot f_y / f_c > 0.30$

Można założyć, że nośność na przebiecie jest iloczynem pola powierzchni przekroju krytycznego i naprężeń granicznych τ_u :

$$V_u^{teor.} = 4(b+d)d \cdot \tau_u \quad (1)$$

gdzie:

dla zginania

$$\tau_u = [0.065 + 1.064(\rho \cdot f_y / f_c)] k \sqrt[3]{f_c^2} \quad (2)$$

dla zginania ze ścinaniem

$$\tau_u = [1.97 / (\rho \cdot f_y / f_c) - 3.15(\rho \cdot f_y / f_c)^2] k \sqrt[3]{f_c^2} \quad (3)$$

dla ścinania

$$\tau_u = [0.275 + 0.108(\rho \cdot f_y / f_c)] k \sqrt[3]{f_c^2} \quad (4)$$

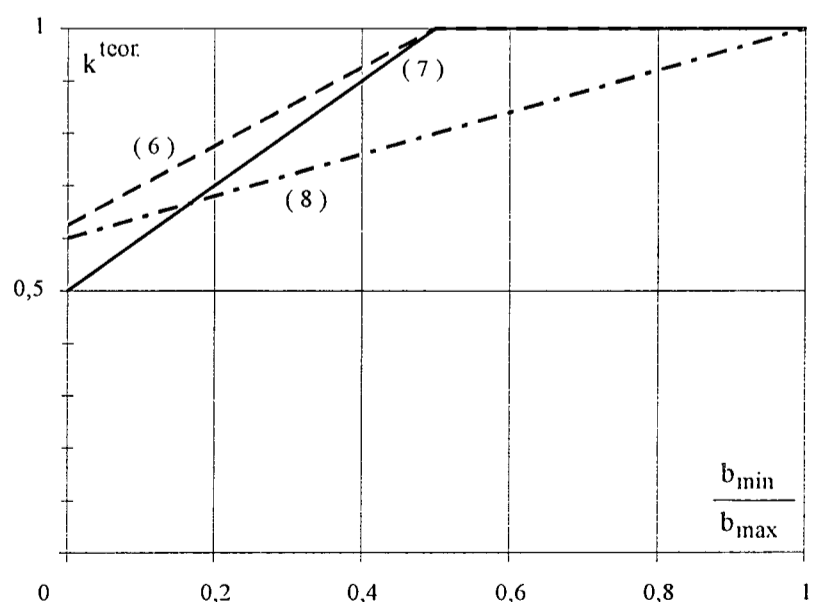
W powyższych wzorach współczynnik k charakteryzuje geometryczne proporcje złącza i określony jest empiryczną zależnością:

$$k = 0.6 + 0.889d/b \quad (5)$$

Przedstawiona powyżej metoda została opracowana na podstawie badań modelowych złączy ze słupem o przekroju kwadratowym, którego bok ma wymiar poprzeczny b . W praktyce inżynierskiej częściej stosuje się słupy o przekroju prostokątnym. Celem tej pracy jest właśnie prezentacja wyników badań literaturowych i eksperymentalnych własnych dotyczących wpływu proporcji boków słupa b_x/b_y na nośność na przebiecie.

2. STAN WIEDZY

Przegląd literatury wykazał, że problem wpływu stosunku boków słupa na pracę złączy płytowo-słupowych nie był przedmiotem wielu badań. Najstarsze badania z tego zakresu są autorstwa *Hawkins'a* [5,6,7] w wyniku których zaproponowano praktyczne wzory ujmujące efekt proporcji boków słupa na nośność na przebiecie. Na rysunku 1 przedstawiono trzy spotykane w literaturze propozycje wyrażenia współczynnika k , który jest funkcją stosunku boków słupa b_{min}/b_{max} .



Rys. 1. Wpływ stosunku boków słupa b_{min}/b_{max} na nośność na przebiecie wg danych literaturowych.

$$k = 0.625 + 0.75b_{\min} / b_{\max} \leq 1 \quad (6)$$

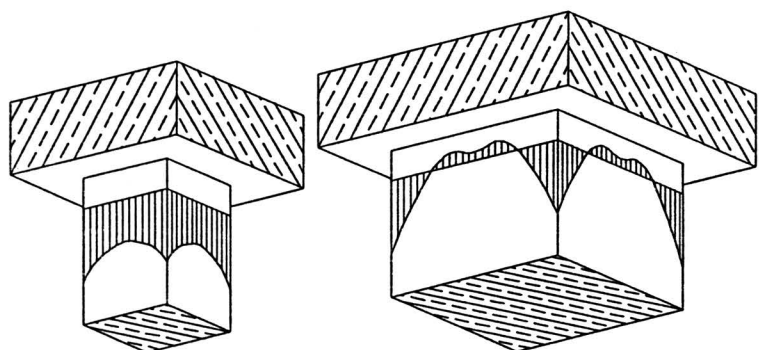
$$k = 0.5 + b_{\min} / b_{\max} \leq 1 \quad (7)$$

$$k = 0.6 + 0.4b_{\min} / b_{\max} \quad (8)$$

W pracy [6] zaproponowano uwzględnianie wpływu proporcji boków słupa wzorem (6), który dla celów normy ACI 318 [8] został uproszczony do postaci (7). Wzór (8) został podany w pracy Herzog'a [1].

3. PRZESŁANKI PROGRAMU BADAŃ WŁASNYCH

Przed przystąpieniem do szczegółowego formułowania programu badań własnych, autor podjął kwestię weryfikacji wzoru (5) dotyczącego tylko słupów o przekroju kwadratowym. Analiza teoretyczna złączy płytowo-słupowych może sugerować, że wpływ d/b na nośność na przebicie związany jest z koncentracją naprężeń w narożach słupów (Rys. 2). W celu sprawdzenia tej hipotezy, analizie poddano wyniki badań modeli ze słupem o prze-



Rys. 2 Wpływ stosunku h/b na rozkład naprężeń normalnych w słupie

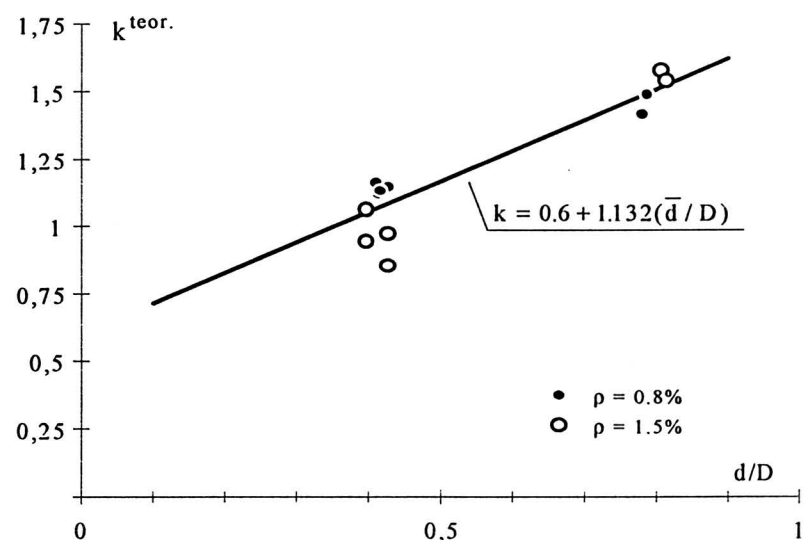
kroju kołowym. Materiału doświadczalnego do analizy dostarczyła praca Kinunena i Nylandera [9], z której wybrano wyniki badań 12 modeli charakteryzujących się ortogonalnym zbrojeniem płyty. Modele zestawione w tablicy 1 miały stały stopień zbrojenia na rozciąganej powierzchni płyty, natomiast elementy z tablicy 2 miały zbrojenie zróżnicowane - bezpośrednio nad słupem zbrojenie było zagęszczone. Do celów analizy przyjęto uśredniony stopień zbrojenia $\bar{\rho}'$. Uśrednienie to polega na ustaleniu średnioważonego stopnia zbrojenia, w którym uwzględniono także powierzchnię poszczególnych obszarów zróżnicowanego zbrojenia płytowego.

W celu umożliwienia analizy dla słupów okrągłych wzór (5) został przekształcony do postaci:

$$k = 0.6 + 1.132d / D \quad (9)$$

gdzie ekwiwalentem wymiaru boku kwadratu jest $1/4$ obwodu koła.

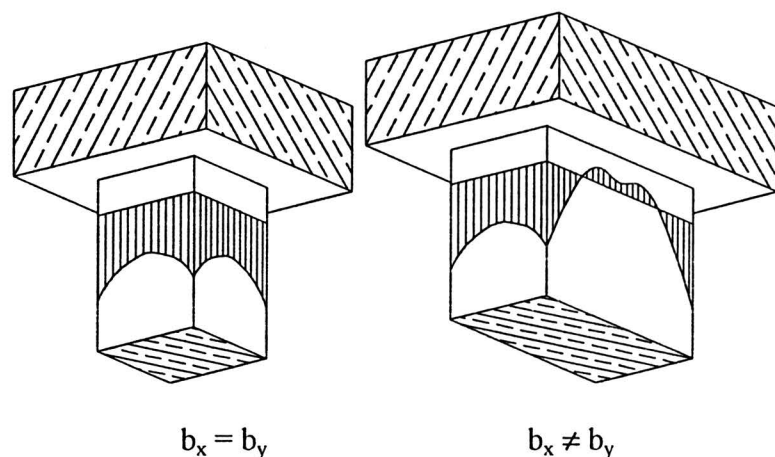
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki analizy w postaci graficznej. Jak widać z przeprowadzonej analizy, wzór (5) zmodyfikowany do postaci (9) dobrze aproksymuje badania elementów ze słupem o przekroju kołowym.



Rys. 3.

Niejasne jest jednak, czy zależności (5) lub (9) dotyczą w jednakowym stopniu wszystkich mechanizmów niszczenia. Przedstawione tutaj badania (tablica 1 i 2) nie obejmowały swym zakresem mechanizmu czystego ścinania - $\rho \cdot f_y / f_c > 0.3$.

Wydaje się, że wpływ parametrów d/b i b_x/b_y może różnie przejawiać się w zależności od mechanizmu niszczenia. Analizując nośność płyty na zginanie metodą linii załomów można udowodnić, że stosunek boków słupa (pola obciążenia) b_x/b_y w przedziale 0.25 do 4 nie ma istotnego znaczenia na wielkość obciążenia niszczonego. Stąd można przypuszczać, że dla płyt o niskim stopniu zbrojenia nie należy się spodziewać wpływu proporcji boków słupa na nośność na przebicie. Z drugiej strony, tam gdzie o nośności decydują naprężenia ścinające powinien ujawnić się wpływ koncentracji naprężeń w narożach słupa. Na rysunku 4 pokazano wykresy odkształceń na powierzchni słupa w bezpośrednim sąsiedztwie płyty, uzyskane na drodze analizy teoretycznej (metodą elementów skończonych). W przypadku słupów prostokątnych o znacznym zróżnicowaniu boków możliwe jest występowanie rozciągania na dłuższych bokach. W praktyce świadczy to o tym, że znaczna część obwodu słupa jest wyłączona z przejmowania sił ścinających z płyty.



Rys. 4 Wpływ proporcji b_x/b_y na rozkład naprężeń w słupie

Mając powyższe przesłanki na uwadze, autor spodziewał się zróżnicowanego wpływu stosunku b_x/b_y na stan graniczny nośności na przebicie w zależności od parametru $\rho \cdot f_y / f_c$.

Tablica 1

TYP	N ₀	f _c MPa	f _y MPa	h mm	\bar{d} mm	$\bar{\rho}'$ %	V _u ^{exp.} MPa	$\frac{\rho \cdot f_y}{f_c}$	A _k cm ²	$\tau_u/k^{teor.}$ MPa	V _u ^{teor./k^{teor.}} kN	$\frac{d}{D}$	k ^{exp.}	k ^{teor.}	$\frac{k^{exp.}}{k^{teor.}}$
IA 15a	5	26.3	441.6	149	117	0.80	255.1	0.1343	981.4	1.8381	180.4	0.7800	1.4141	1.4830	0.9535
	6	27.6	454.2	151	118	0.79	274.7	0.1394	993.5	1.8597	184.8	0.7867	1.4865	1.4905	0.9973
IA 30a	24	25.9	455.7	158	128	1.01	429.7	0.1759	1721.1	2.1802	375.2	0.4267	1.1453	1.0830	1.0575
	25	24.6	451.3	154	124	1.04	408.1	0.1905	1651.7	2.2098	365.0	0.4133	1.1181	1.0679	1.0470
IA 30d	32	25.8	448.3	155	123	0.49	258.0	0.0851	1634.5	1.3588	222.1	0.4100	1.1616	1.0641	1.0916
	33	26.1	464.6	156	125	0.48	258.0	0.0848	1669.0	1.3669	228.1	0.4167	1.1311	1.0717	1.0554
f _c = 0.85 f _{c,cube} (wyniki przeliczenia)													$\bar{x} = 1.0337$		
k ^{exp.} = (V _b /V _u)/k ^{teor.} (współczynnik doświadczalny)													S = 0.0496		
k ^{teor.} = 0.6 + 1.132 \bar{d} / D													v = 4.8 %		

Tablica 2

TYP	N ₀	f _c MPa	f _y MPa	h mm	\bar{d} mm	$\bar{\rho}'$ %	V _u ^{exp.} MPa	$\frac{\rho \cdot f_y}{f_c}$	A _k cm ²	$\tau_u/k^{teor.}$ MPa	V _u ^{teor./k^{teor.}} kN	$\frac{d}{D}$	k ^{exp.}	k ^{teor.}	$\frac{k^{exp.}}{k^{teor.}}$
IA 15c	11	31.5	436.1	153	121	0.958	333.5	0.1328	1030.2	2.0563	211.8	0.8067	1.5743	1.5132	1.0404
	12	30.4	439.0	154	122	0.960	331.6	0.1387	1042.5	2.0692	215.7	0.8133	1.5372	1.5207	1.0109
IA 30b	26	25.9	435.6	154	128	1.262	404.2	0.2122	1721.1	2.4177	416.1	0.4267	0.9714	1.0830	0.8970
	27	26.0	435.6	154	128	1.262	355.1	0.2116	1721.1	2.4195	416.4	0.4267	0.8528	1.0830	0.7874
	28	25.4	436.5	151	119	1.359	367.9	0.2333	1566.4	2.4918	390.3	0.3967	0.9426	1.0491	0.8985
	29	25.4	444.4	151	119	1.359	416.9	0.2375	1566.4	2.5096	393.1	0.3967	1.0605	1.0491	1.0109
$\bar{\rho}'$ - stopień zbrojenia średnioważony													$\bar{x} = 0.9409$		
													S = 0.0696		
													v = 10.3 %		

4. PROGRAM BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

W celu weryfikacji hipotezy sformułowanej w poprzednim punkcie, opracowano program badań eksperymentalnych, który obejmował wykonanie i zbadanie dwóch serii modeli złączy monolitycznych płyta-słup. Obie serie różniły się stopniem zbrojenia płytowego. Seria pierwsza w zamierzeniu miała mieć $\rho=0.8\%$ oraz parametr $\rho \cdot f_y / f_c = 0.15$. Natomiast seria druga z wyższym pro-

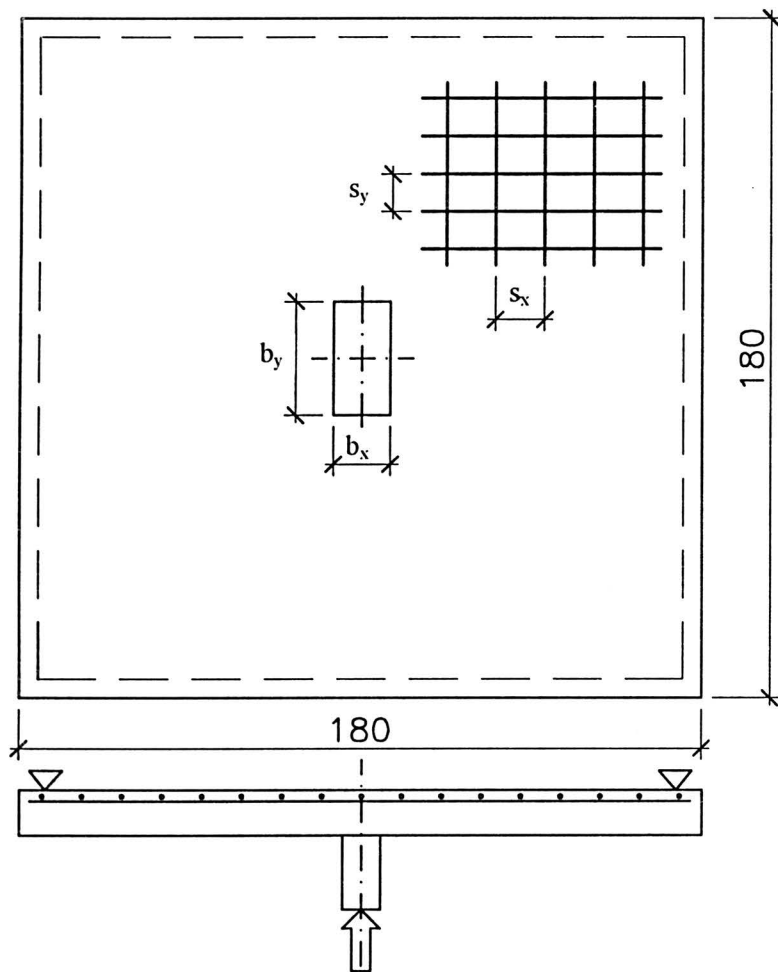
centem zbrojenia $\rho=1.5\%$ powinna osiągnąć $\rho f_y / f_c = 0.30$. W związku z tym zaplanowano dla serii pierwszej beton klasy B30, a dla pozostałych modeli B20.

Wprowadzono trzyczłonową symbolikę modeli np. P1/2-1.5, gdzie:

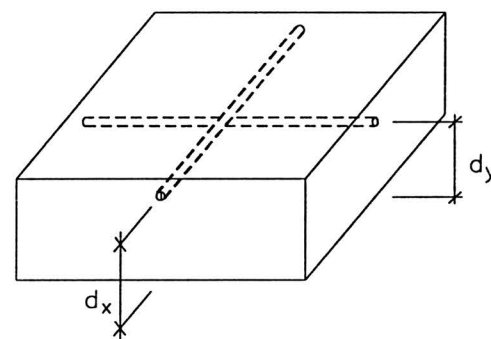
- P_m, P, P_d - oznaczają odpowiednio mały, średni i duży obwód słupa (64, 80 i 128 cm),
- ułamek oznacza proporcje boków słupa,
- liczba na końcu symbolu oznacza stopień zbrojenia.

Tablica 3

MODEL	b_x mm	b_y mm	d mm	ρ %	f_c MPa	f_y MPa	$\frac{\rho \cdot f_y}{f_c}$	$V_u^{exp.}$ kN
P_m 1/1-0.8	160	160	98	0.8014	26.7	413.5	0.12397	210
P 1/1-0.8	200	200	95	0.8267	25.8		0.13234	220
P_d 1/1-0.8	320	320	104	0.7552	33.3		0.09366	280
P 1/1.5-0.8	160	240	93	0.8445	23.0		0.15183	220
P 1/2-0.8	133	267	92	0.8537	27.9		0.12639	215
P 1/3-0.8	100	300	90	0.8727	21.9		0.16478	210
P 1/4-0.8	80	325	92	0.8537	24.1		0.14672	176
P 1/4-0.8bis	80	330	99	0.7933	30.1		0.10808	225
P_m 1/1-1.5	160	160	99	1.3635	23.9	415.5	0.23724	260
P_d 1/1-1.5	320	320	99	1.3635	30.1		0.18854	360
P 1/2-1.5	133	267	91	1.5848	19.8	352.0	0.28169	252
P 1/3-1.5	100	300	92	1.5675	16.0		0.34395	220
P 1/4-1.5	80	320	92	1.5675	14.6		0.37709	210



SERIA	\varnothing mm	d_s mm	A_s cm ²	s_x mm	s_y mm
-0.8	10	10.00	0.7854	105	95
-1.5	12	12.12	1.1537	85	75
	14	14.06	1.5624	130	100



$$d = \frac{d_x + d_y}{2}$$

$$s = \frac{s_x + s_y}{2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{d \cdot s} \cdot 100\%$$

Rys. 5.

Wszystkie modele były zbrojone siatką ortogonalną z prętów zbrojonych o nominalnych średnicach: 10, 12 i 14 mm. Strefa ściskana płyty nie była zbrojona. Nominalne parametry geometryczne modeli przedstawiono na rysunku 5. W tabelicy 3 zestawiono podstawowe dane ciał próbnych, które uzyskano na podstawie pomiarów z natury dla każdego modelu. Podana w tabelicy wytrzymałość betonu jest średnią z każdego zarobu. Płyta każdego modelu była wykonywana z trzech zarobów.

Podana w tabelicy 3 granica plastyczności zbrojenia (f_y) została ustalona doświadczalnie w próbie rozciągania sześciu próbek dla każdej średnicy. W przypadku wszystkich średnic odnotowano występowanie wyraźnej granicy plastyczności. Podane wyniki odnoszą się do wyliczonych pól przekrojów zastępczych (A_s). Rzeczywista wytrzymałość i granica plastyczności stali jest o kilka procent wyższa.

5. REALIZACJA BADAŃ

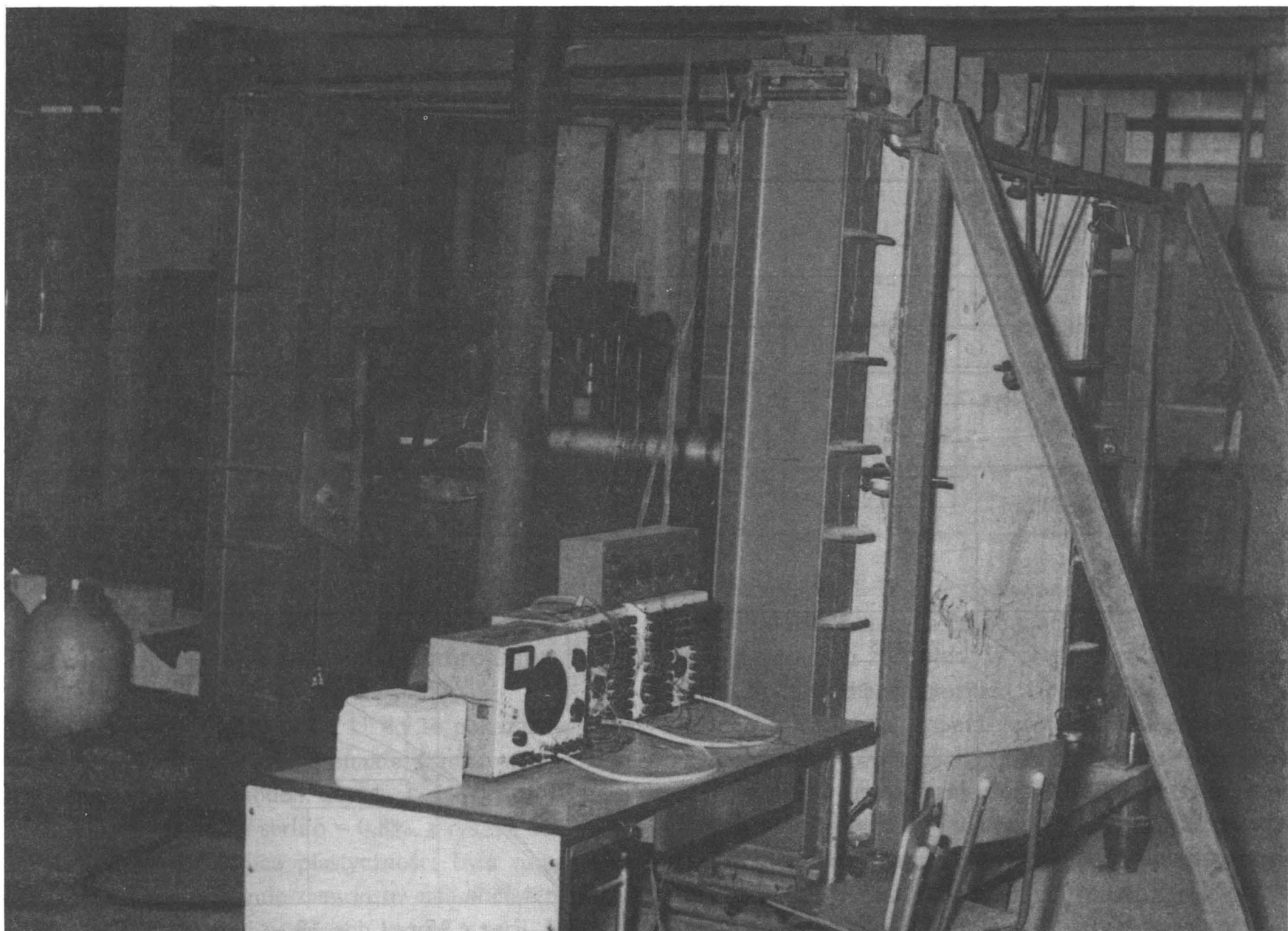
Badania wykonano w laboratorium wytrzymałościowym Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej. W laboratorium tym znajduje się specjalne sta-

nowisko badawcze, przedstawione na rysunku 6, służące do prowadzenia doświadczeń modelowych w skali 1:1 elementów płytowo-słupowych.

Płyta modeli w stanowisku badawczym znajdowała się w pozycji pionowej. Obciążenie w postaci siły skupionej było przykładane osiowo do końca słupa. Większość modeli była poddana obciążeniu skokowo wzrastającemu aż do zniszczenia. W dwóch przypadkach z nadzwyczajnych względów (uszkodzenie słupa przed zniszczeniem złącza) modele były odciążone w trakcie doświadczenia. Dla każdego badania planowano 10 etapów obciążeń (co 20 lub 40 kN). Przy każdym etapie obciążenia wykonywano następujące pomiary:

- odkształcenia zbrojenia głównego - punkty pomiarowe sytuowano w miejscach spodziewanych linii załomów,
- odkształcenia betonu na powierzchni słupa w pobliżu krawędzi jego przecięcia z płytą,
- przemieszczenia płyty w dziewięciu punktach - jeden z nich był usytuowany w środku geometrycznym płyty a pozostałe na obrzeżu,
- szerokości rozwarcia rys w kilku wybranych punktach oraz ich graficzna rejestrację.

Do pomiarów przemieszczeń płyty stosowano czujniki zegarowe z elementarną podziałką 0.01 mm i dla punktu



Rys. 6. Widok stanowiska badawczego

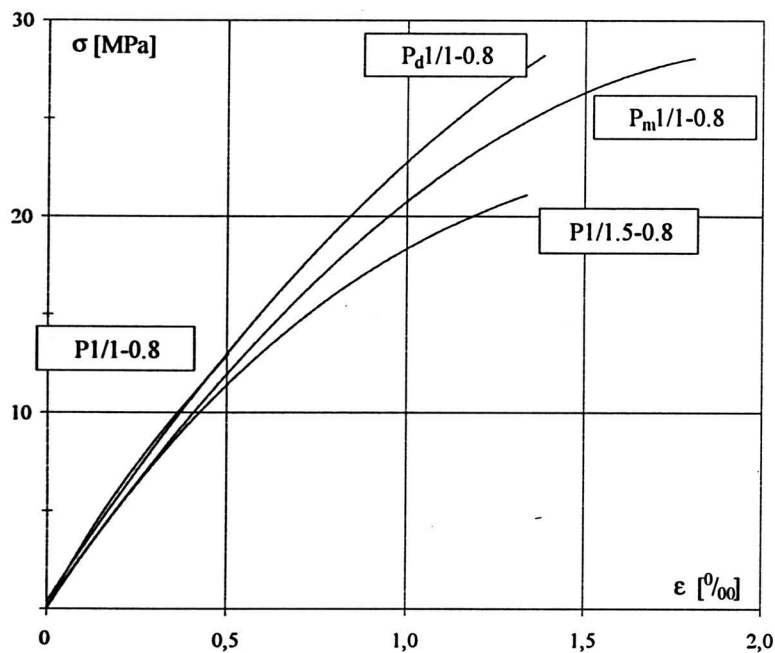
w środku płyty z podziałką pozwalającą na odczyt z dokładnością 0.05 mm. Ten ostatni czujnik wyróżniał się także większym zakresem pomiarowym - 50 mm (pozostałe - 10 mm).

Okształcenia zbrojenia rejestrowano za pomocą czujników elektrooporowych o bazie pomiarowej 20 mm. Tensometria elektrooporowa była także wykorzystywana w kilku modelach do pomiarów odkształceń słupa, w tym przypadku stosowano czujniki o bazie 50 mm.

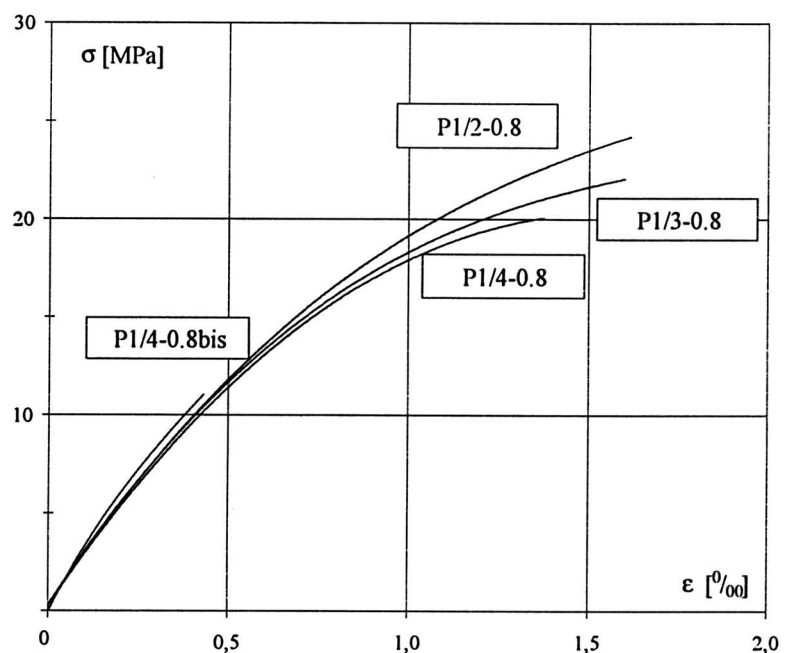
Podstawowym narzędziem do pomiarów odkształceń na betonie był ekstensometr mechaniczny o bazie 2 cali (ok. 50 mm).

Szerokość rozwarcia rys mierzone za pomocą mikroskopu o 25 krotnym powiększeniu.

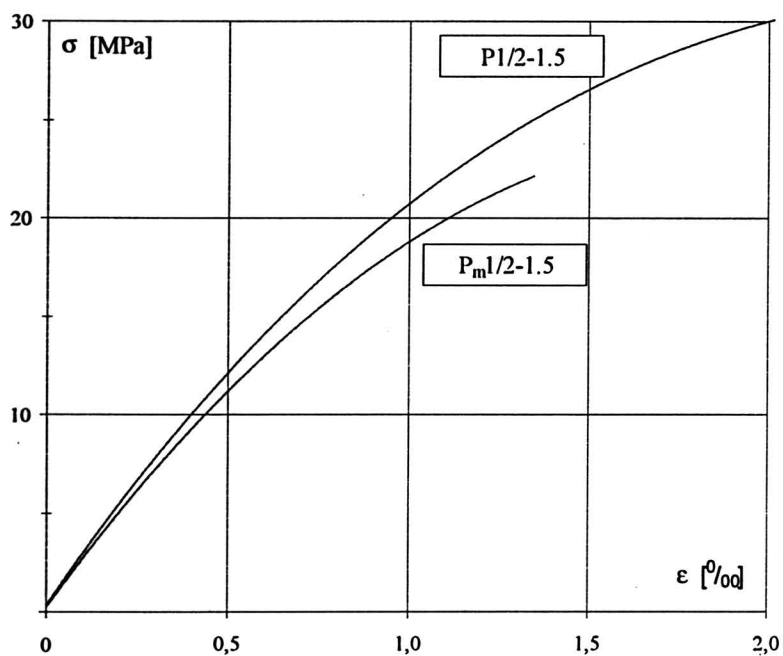
Czas trwania każdego etapu obciążenia wiązał się z czasem wykonywania pomiarów. Na początku do momentu zarysowania zwykle wystarczało około 10 minut. Następne etapy ze względu na rejestrację rys trwały dłużej - 20 min. Pomiar przemieszczenia płyty i odkształcenia zbrojenia wykonywano wtedy dwukrotnie - na początku i na chwilę przed dociążeniem.



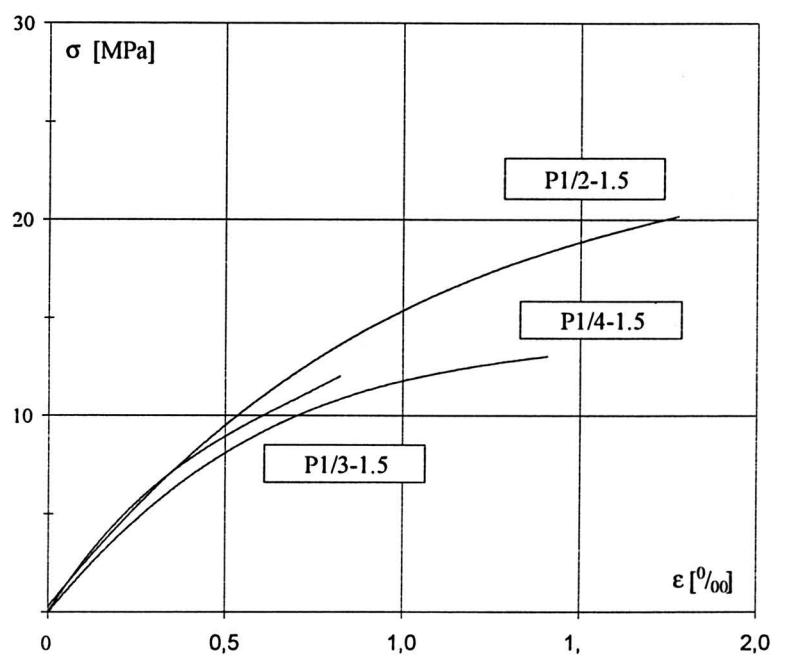
Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.



Rys. 10.

6. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań własnych zestawiono w Załączniku 1. Dla każdego z badanych modeli opracowano dokumentację zawierającą:

- odkształcenia i wyliczone naprężenia w zbrojeniu płyty oraz ich graficzne przedstawienie na wykresach z pokazaniem miejsc pomiarów;
- odkształcenia betonu na powierzchni słupa w pobliżu krawędzi jego przecięcia z płytą,
- przemieszczenia płyty oraz wykres przemieszczenia punktu środkowego w funkcji obciążenia;
- obraz zarysowania płyty z zaznaczonymi miejscami pomiarów rozwarcia rys oraz wyniki tych pomiarów.

Wytrzymałościowe cechy betonu określano w dniu badania elementu na próbkach kostkowych o boku 150 mm oraz walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm. Wyniki badań podano w tabelicy 4. Podczas badania próbek walcowych określano także zależności $\sigma - \epsilon$ dla betonu i moduł sprężystości dla przedziału naprężeń $(0.1 \div 0.4)f_c$. Wykresy $\sigma - \epsilon$ dla betonu przedstawiono na rys. 7 do 10.

Tablica 4

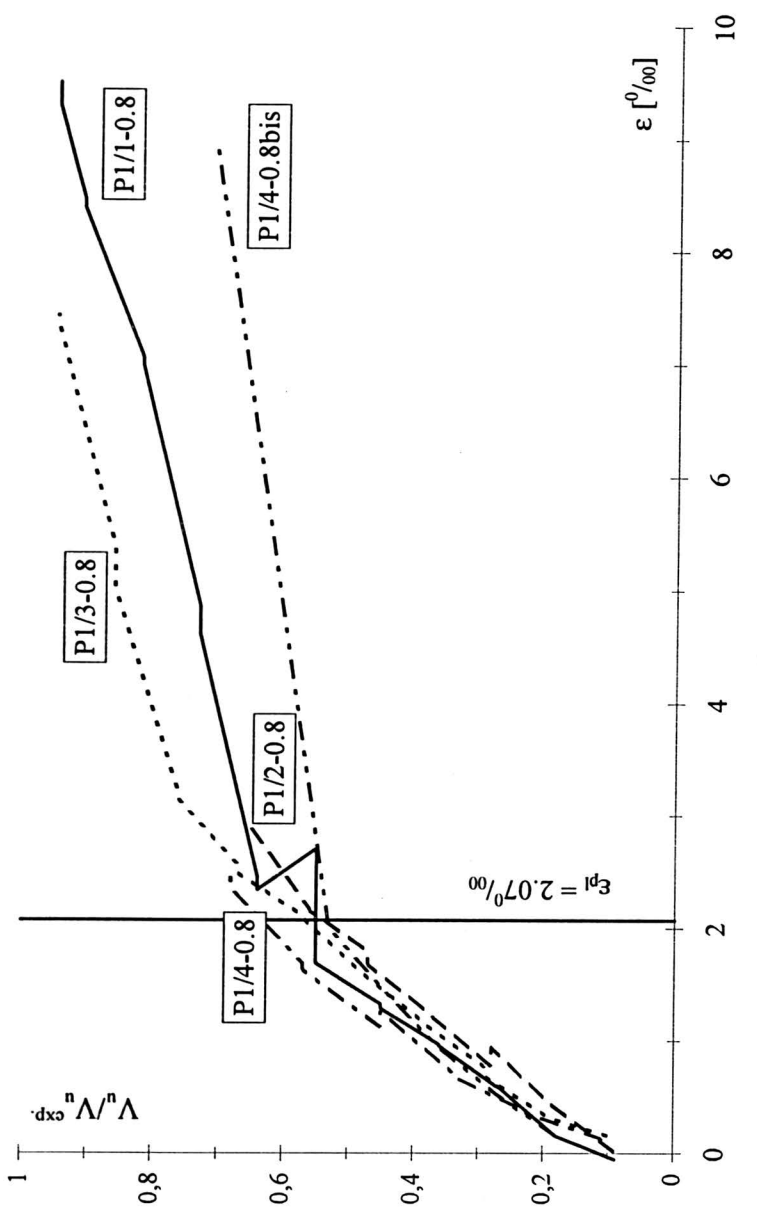
SERIA	Symbol elementu	$f_{c,cube}$ [MPa]		f_c [MPa]		E_c [MPa]	$\frac{f_c}{f_{c,cube}}$
		wyniki	średnia	wyniki	średnia		
I	P_m 1/1-0.8	32.2; 34.0 36.1; 29.0 36.0; 29.8	33.0	24.4; 25.5 24.8; 25.4 29.0; 31.3	26.7	23700	0.81
	P 1/1-0.8	32.5; 30.9 39.6; 33.3 34.2; 40.3	35.1	22.7; 26.1 23.0; 25.6 31.7	25.8	26200	0.74
	P_d 1/1-0.8	37.3; 37.1 38.1; 38.0 35.1; 35.2	36.8	33.0; 33.0 33.5; 34.3 32.2; 34.2	33.3	24900	0.90
	P 1/1.5-0.8	31.6; 32.8 24.3; 23.8 31.4; 33.2	29.5	21.3; 19.7 25.7; 21.3 24.4; 25.7	23.0	23400	0.78
	P 1/2-0.8	39.6; 34.8 33.7; 33.3 38.2; 33.7	35.5	27.4; 29.2 26.0; 31.1 24.8	27.9	22800	0.79
	P 1/3-0.8	33.9; 28.0 31.2; 26.7 29.2; 29.8	29.8	21.2; 22.9 18.5; 26.0 21.0; 21.8	21.9	23800	0.73
	P 1/4-0.8	25.6; 30.9 30.0; 30.6 29.7; 25.7	28.8	27.6; 25.6 20.6; 24.9 21.6	24.1	22800	0.84
	P 1/4-0.8bis	30.8; 39.5 37.9; 33.9 32.4; 41.2	36.0	28.4; 30.9 29.0; 34.9 28.5; 30.4	30.4	24000	0.84
II	P_m 1/1-1.5	27.9; 29.6 27.4; 27.6 26.0; 24.8	27.2	19.9; 25.1 25.1; 24.6 23.5; 25.2	23.9	22100	0.88
	P_d 1/1-1.5	38.7; 27.6 27.1; 35.6 32.0; 36.0	32.8	30.8; 32.7 31.0; 31.8 28.0; 26.0	30.1	23200	0.92
	P 1/2-1.5	19.6; 20.3 21.8; 21.5 25.3; 22.3	22.3	21.2; 21.8 20.7; 18.8 19.8; 16.5	19.8	18900	0.89
	P 1/3-1.5	18.4; 18.8 22.2; 20.9 22.3	20.5	15.3; 18.9 12.5; 16.7 16.9; 15.9	16.0	20200	0.78
	P 1/4-1.5	19.8; 19.6 17.8; 16.0	18.3	15.0; 14.3 14.0; 15.2	14.6	17700	0.78

7. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

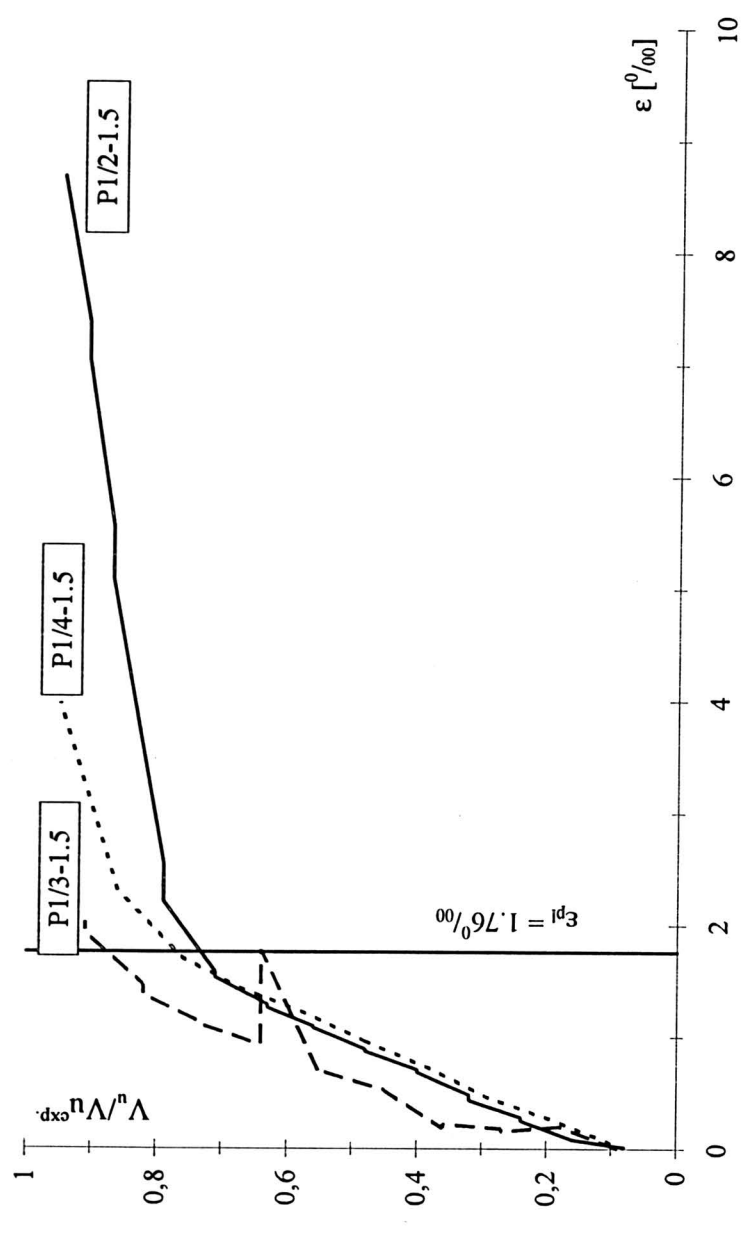
7.1. Odkształcenia i naprężenia w zbrojeniu

Na kolejnych rysunkach od 11 do 14 pokazano przykładowo wykresy wybranego punktu pomiarowego (H1) dla poszczególnych modeli. Rysunek 11 pokazuje odkształcenia stali modeli serii $\rho = 0.8\%$, a rys. 12 serii $\rho = 1.5\%$. Jak widać granica plastyczności była osiągnięta przy tym samym poziomie zaawansowania obciążenia dla poszczególnych modeli w ramach każdej z serii. Można więc sądzić, że proporcje boków słupa b_x/b_y nie mają wpływu na odkształcenia zbrojenia płytowego.

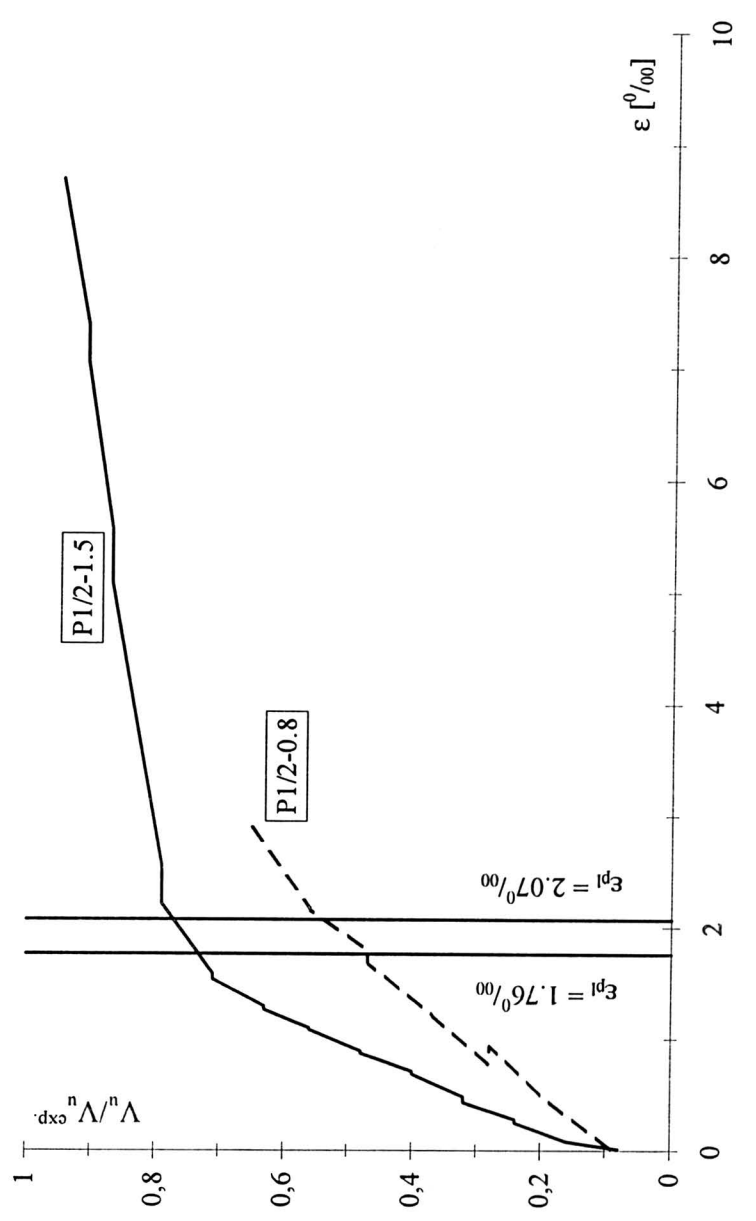
Na rysunkach 13 i 14 zestawiono wykresy odkształceń modeli o takich samych proporcjach boków słupa, ale różnych stopniach zbrojenia. W obu przypadkach potwierdziła się dość znaczna różnica. Uplastycznienie zbrojenia modeli o wyższym stopniu zbrojenia następowało przy poziomie około 70% obciążenia niszczącego. Dla modeli z $\rho = 0.8\%$ uplastycznienie zbrojenia przecinającego obrys słupa następowało już przy 48-55% siły niszczącej. Wraz ze wzrostem wyężenia płyty obszar uplastycznienia rozszerzał się na pozostałe punkty pomiarowe usytuowane na przekątnej (przewidywanego miejsca powstania linii załomu).



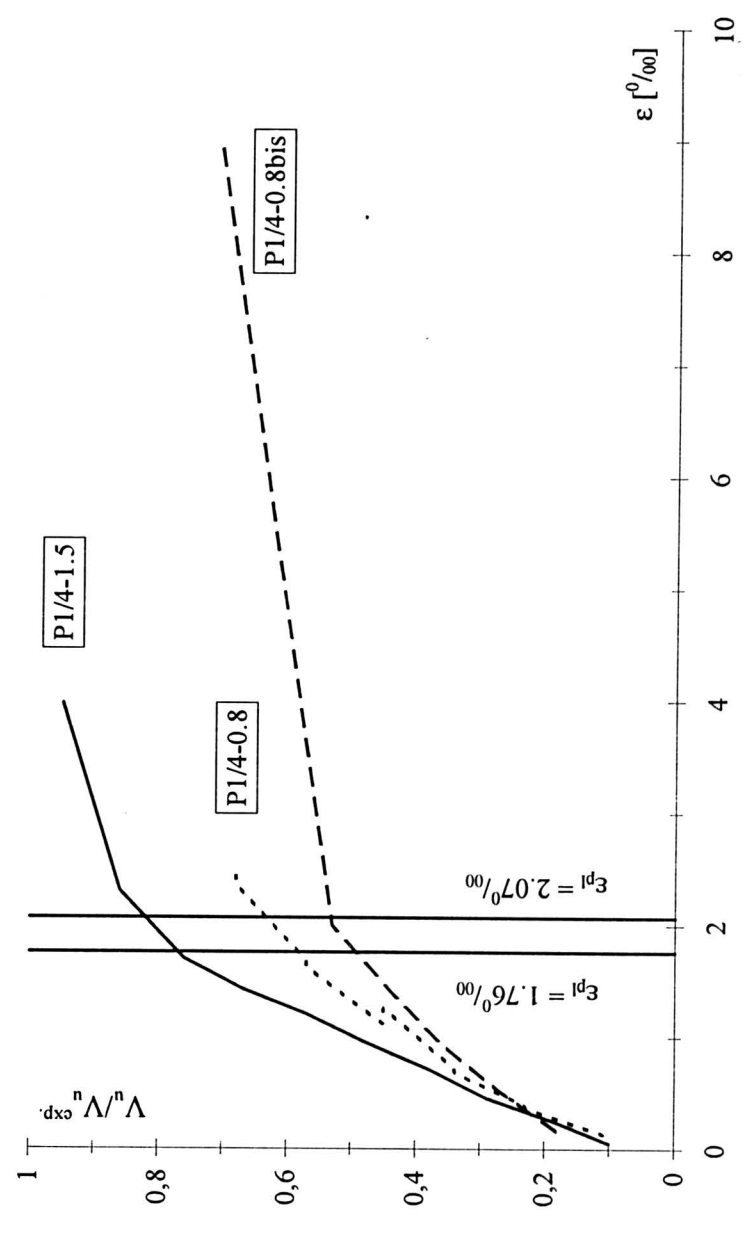
Rys. 11.



Rys. 12.



Rys. 13.



Rys. 14.

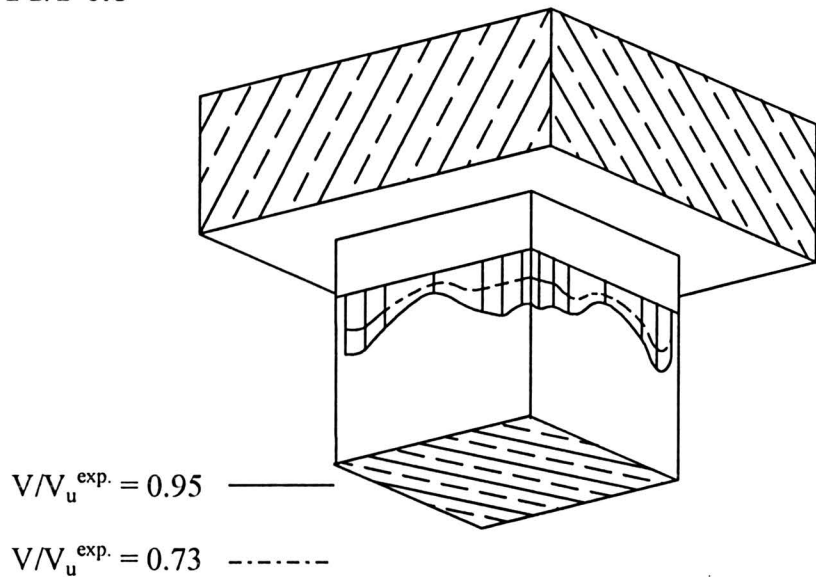
7.2. Odształcenia betonu na słupie

Przykładowe wykresy odkształcenia powierzchni słupa w pobliżu styku z płytą, dla serii ze zbrojeniem 0.8% i stałym obwodem podpory zestawiono na rys. 15. Uzyskany obraz tych odkształceń ze względu na swą nieregularność każe oceniać wyniki tylko pod względem jakościowym. W odniesieniu do analiz teoretycznych ciała sprężystego widać wyraźnie mniejszą koncentrację odkształceń w narożach słupów. We wszystkich modelach można zaobserwować spłaszczenie odkształceń w tym obszarze,

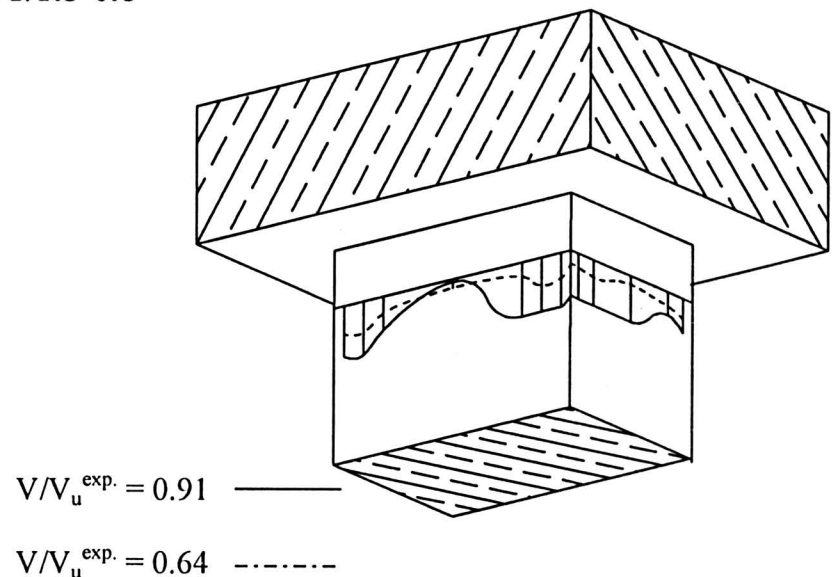
a nawet w przypadku niektórych elementów (najwyraźniej w P1/1.5-0.8) maksima są usytuowane około 2 cm od narożnika słupa. Wydaje się, że korespondują one z usytuowaniem zbrojenia słupowego.

Porównanie modeli o tym samym kształcie słupów, ale różnym zbrojeniu płytowym (rys. 16) sugeruje fakt istnienia pewnego wpływu stopnia zbrojenia na rozkład odkształceń na powierzchni słupa w bezpośrednim sąsiedztwie płyty. W przypadku modeli o niższym stopniu zaobserwowano na ogół większe wartości odkształceń, zwłaszcza na narożach słupów. Porównanie przeprowadzono

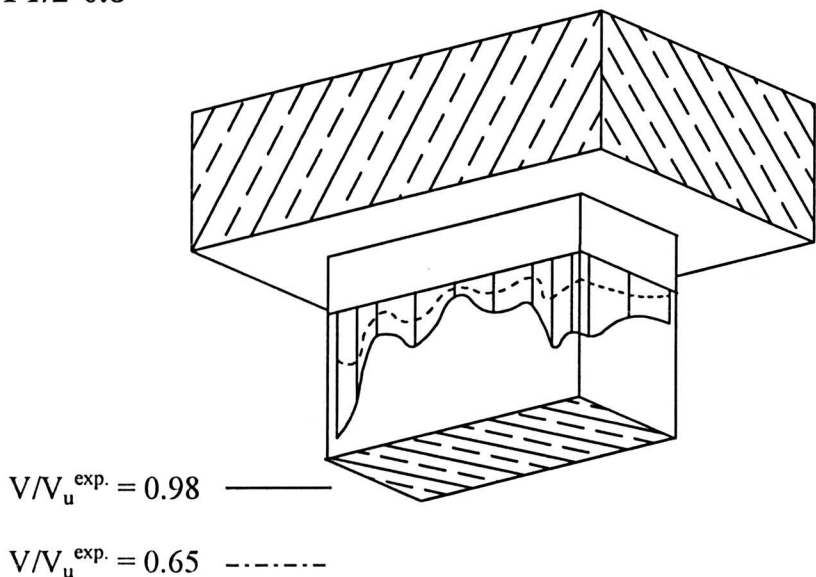
P1/1-0.8



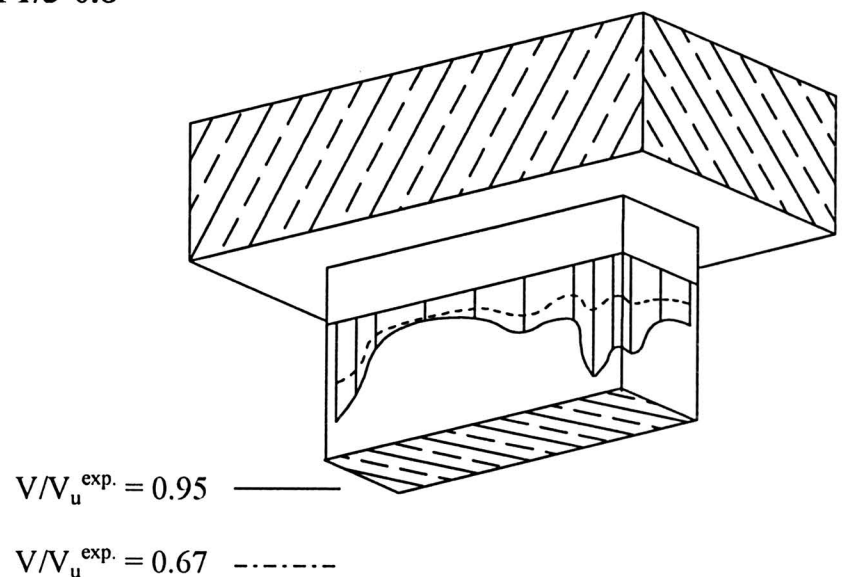
P1/1.5-0.8



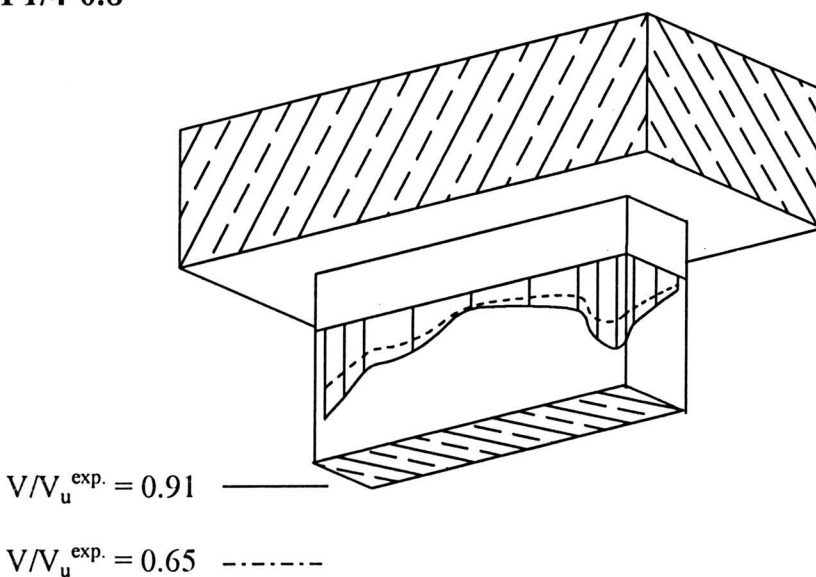
P1/2-0.8



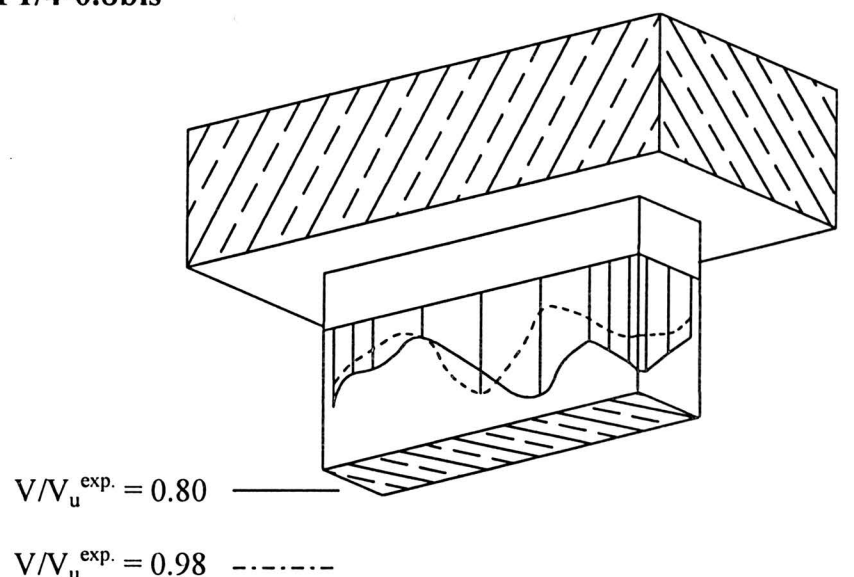
P1/3-0.8



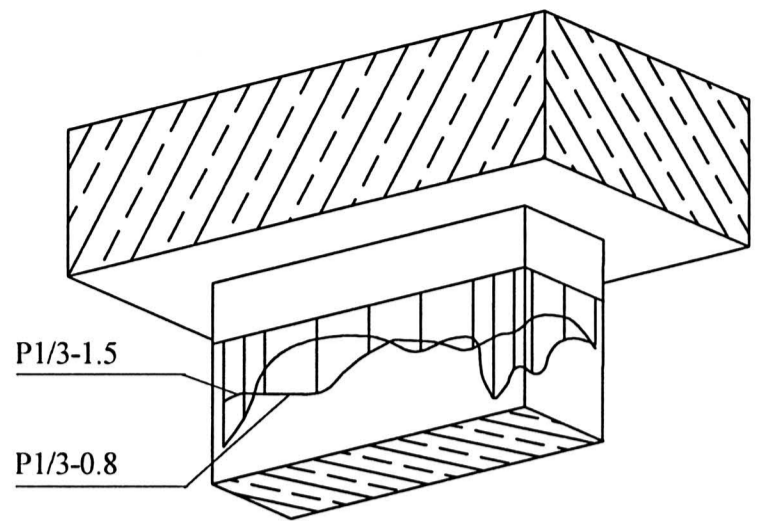
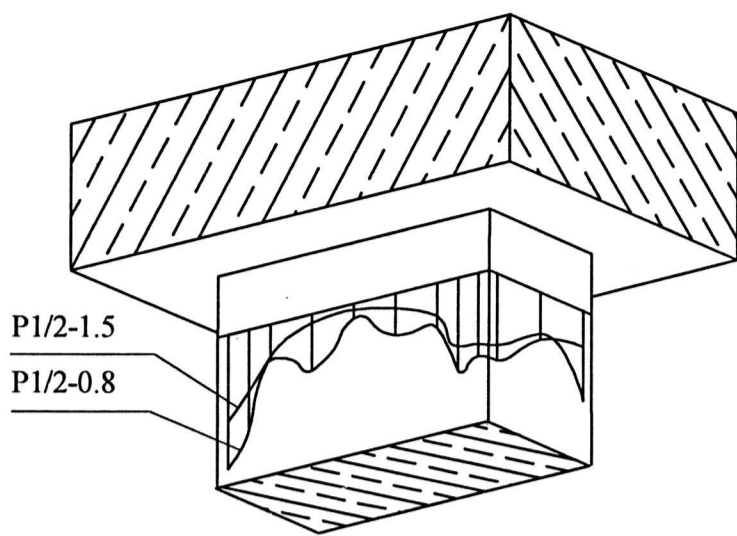
P1/4-0.8



P1/4-0.8bis



Rys. 15. Odształcenia powierzchni słupa w pobliżu styku z płytą.

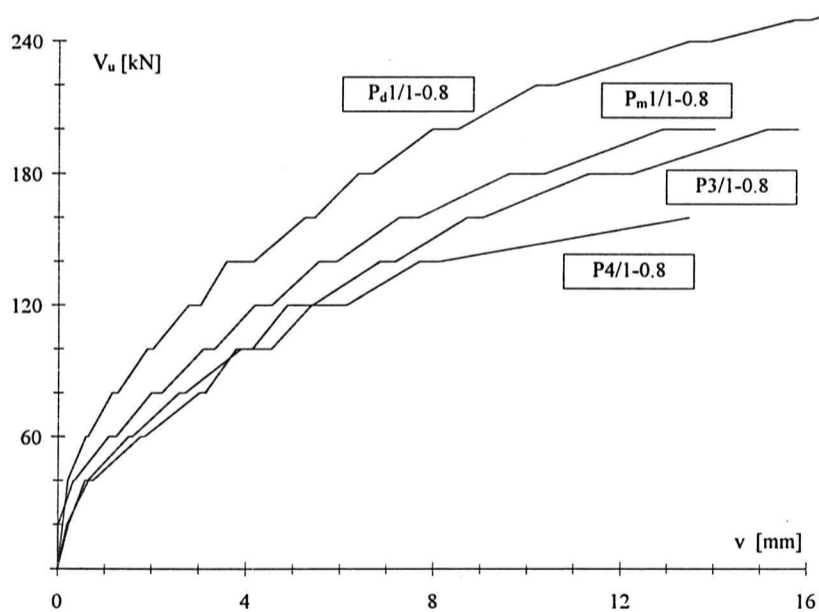


Rys.16. Porównanie odkształceń betonu na słupie

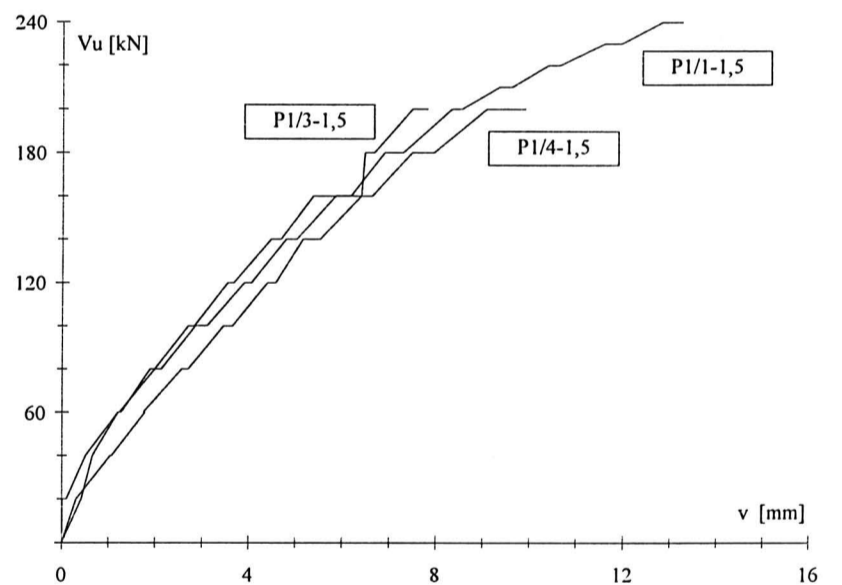
dla odpowiednich wartości V_u/V_u^{exp} . Można by sądzić, że na wartość tych odkształceń powinna mieć wpływ wytrzymałość betonu, a w zasadzie jego odkształcalność. Porównanie przedstawione na rysunku 16 przeczy jednak takiej próbie interpretacji wyników, gdyż modele serii o $\rho=0.8\%$ są wykonane z mocniejszego betonu. Stąd należy wnosić, że przyczyna takiego zjawiska tkwi w sztywnościach płyty. Płyty słabiej zbrojone w fazie zarysowanej są relatywnie mniej sztywne i ulegając większym deformacjom bardziej oddziałują na naroża sztywnego “stempla”, jakim jest w tym przypadku słup.

7.3. Ugięcia

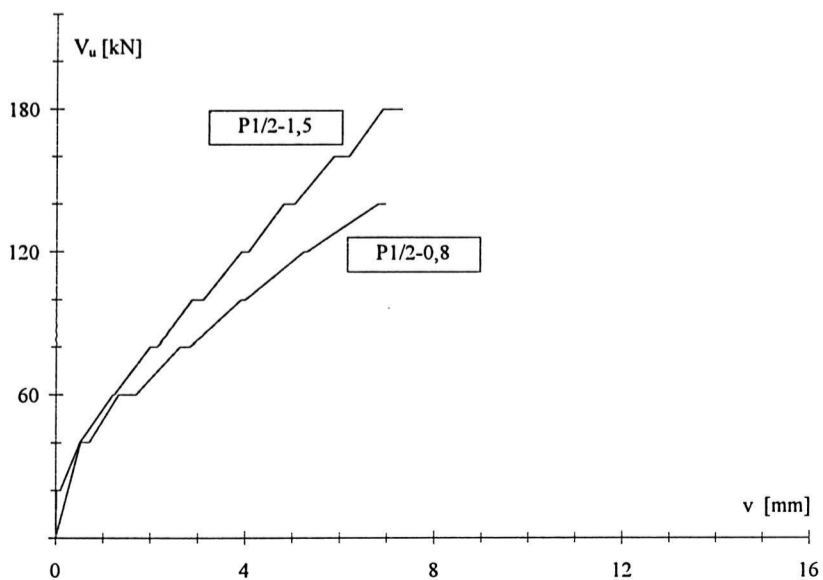
Analiza przemieszczenia względnego (względem punktów podporowych 1, 3, 5, 7) punktu środkowego płyty przedstawiona na rys. 17 i 18 dla poszczególnych serii wykazała brak wpływu proporcji boków słupa na tę wielkość. Porównanie analogicznych modeli obu serii (rys. 18 i 19) potwierdza natomiast istotny wpływ stopnia zbrojenia na sztywność płyt. Oczywiście takie bezpośrednie porównanie jest obarczone pewnymi błędami wynikającymi z faktu zróżnicowania odkształcalności betonu,



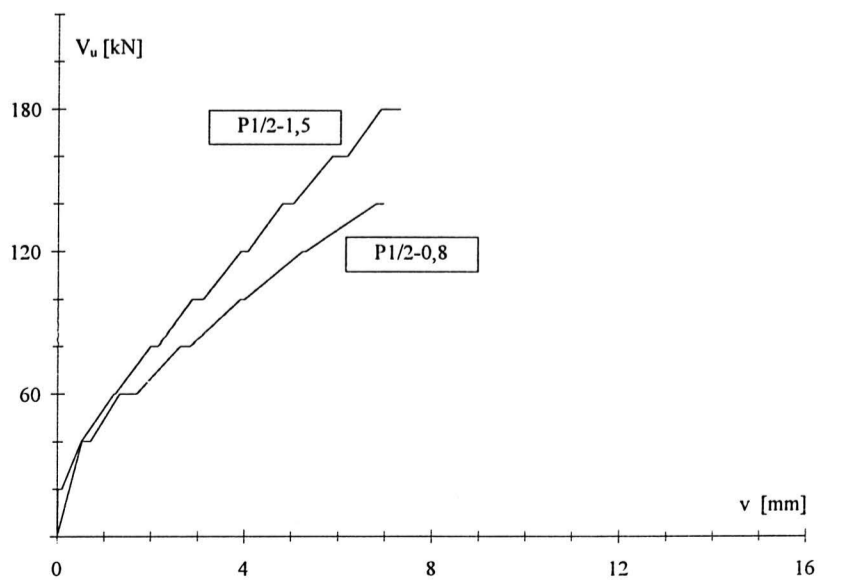
Rys. 17.



Rys. 18.



Rys. 19.



Rys. 20.

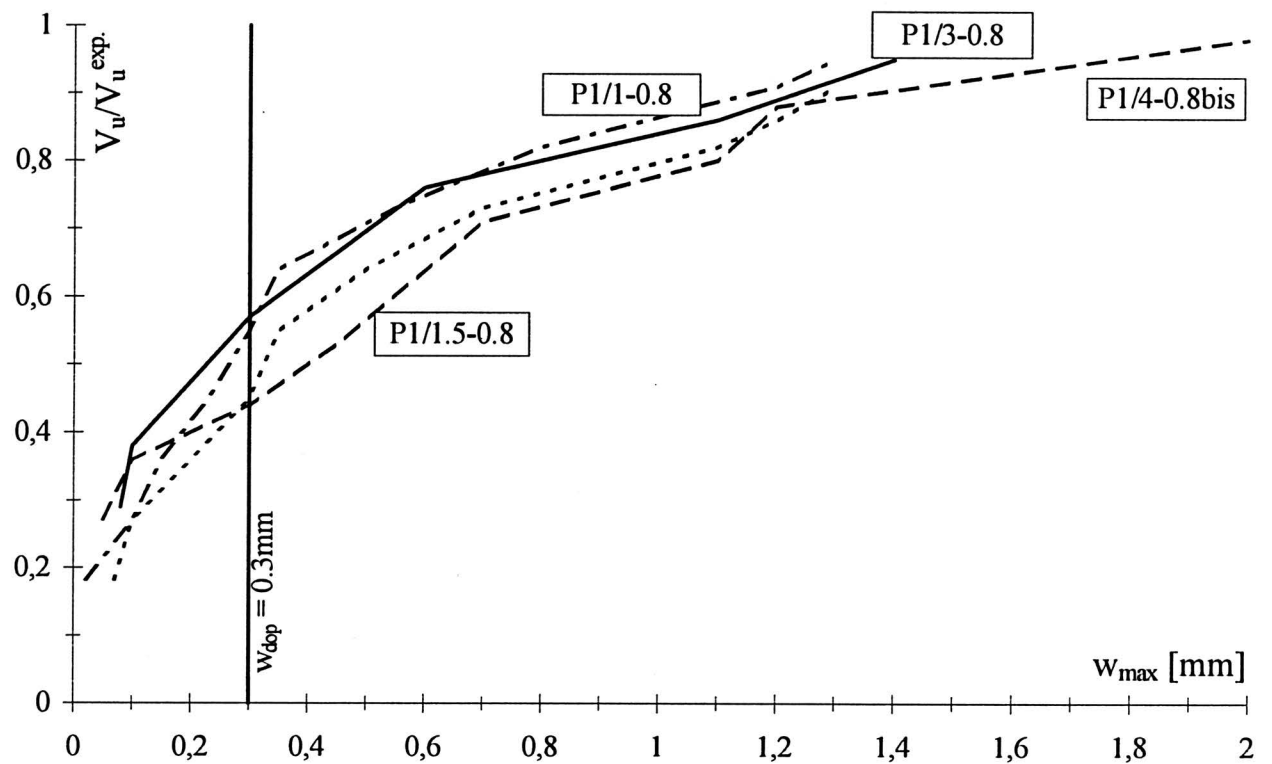
jak również wysokości płyty d. Wyeliminowanie zróżnicowania tych parametrów na drodze analizy teoretycznej jest bardzo trudne, gdyż sztywność gnąca elementu żelbetowego jest funkcją wyężenia. Dla każdego punktu krzywej obciążenie - ugięcie należałoby stosować inny współczynnik przeliczeniowy.

Wydaje się, że przeprowadzenie nawet tak precyzyjnej analizy nie jest w stanie udowodnić tezy o istotności wpływu proporcji boków słupa, w badanym zakresie, na ugięcia płyt żelbetowych.

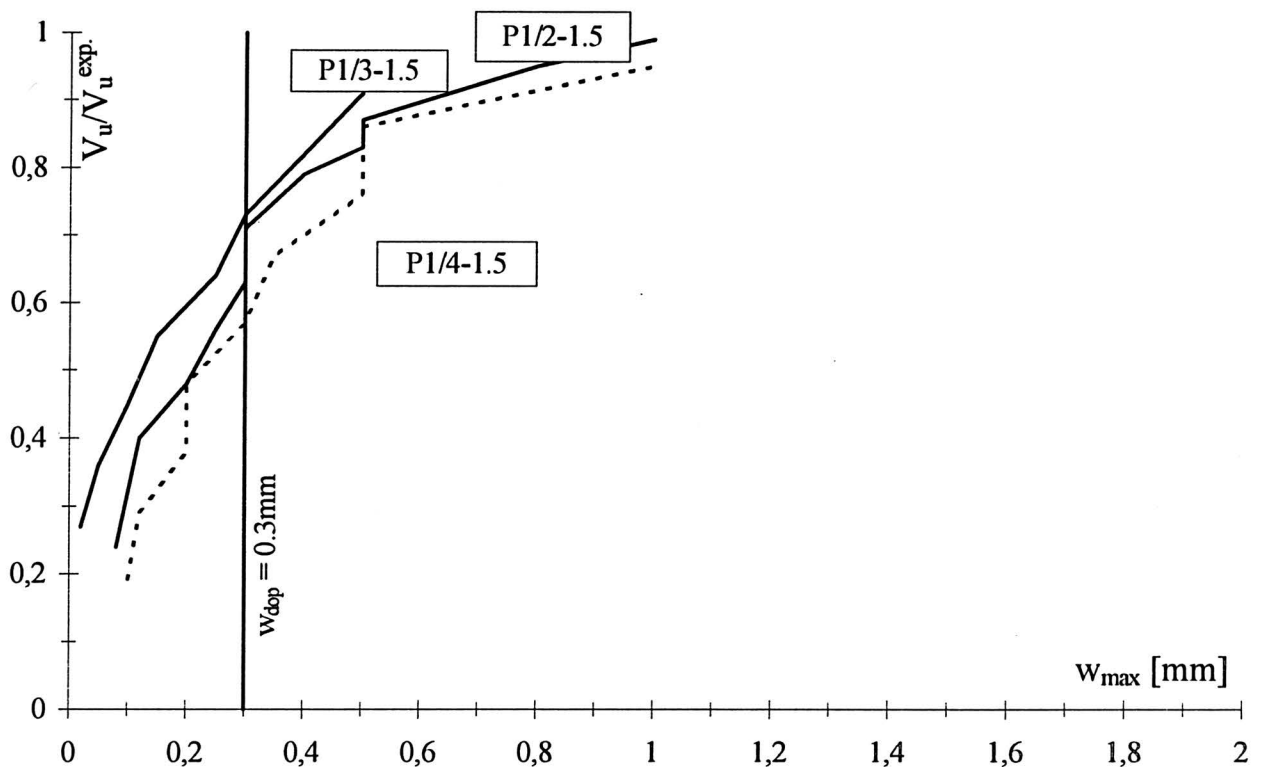
7.4. Morfologia rys

Obserwacje procesu zarysowania badanych złączy płytowo-słupowych potwierdzają wcześniej znane i opisane w licznych pracach z tego zakresu spostrzeżenia. Pierwsze rysy pojawiały się pod obciążeniem od 40 do 60 kN,

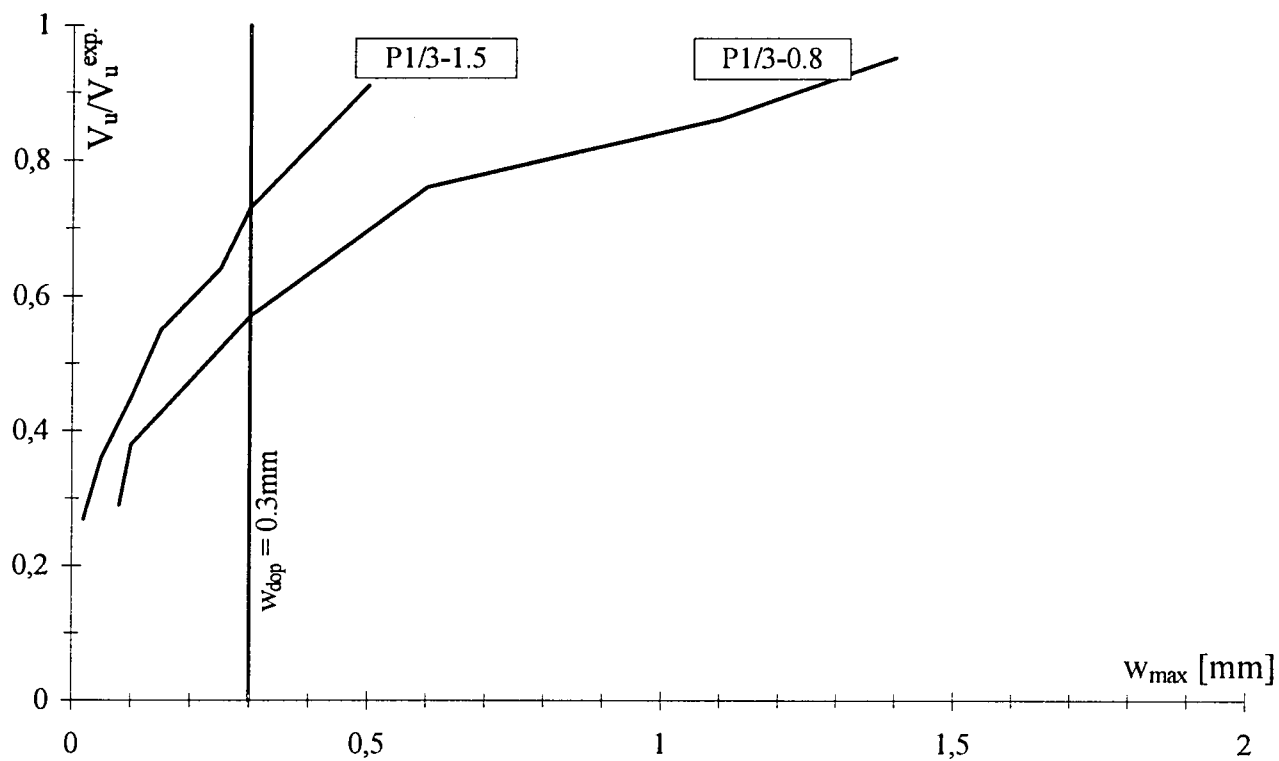
co stanowiło od 18% do 34% siły niszczącej. Zwykle była to rysa pionowa wzdłuż jednego z boków słupa. - na rozpoczęcie procesu zarysowania miała zatem wpływ górna warstwa zbrojenia (od strony zewnętrznej), która w badanych modelach była w położeniu pionowym. Kolejne rysy zwykle układały się wzdłuż przekątnych płyt, biegnąc od naroży słupa w kierunku podpór. Kolejne etapy obciążeń powodowały rozwój istniejących uprzednio rys (wydłużanie się) oraz powstawanie nowych. Rysy już istniejące zwiększały swe szerokości rozwarcia. W miejscach ich największych rozwarć prowadzono pomiary, które pozwoliły na sporządzenie wykresów przedstawionych na rysunkach 21 i 22. Mając na uwadze losowy charakter zarysowania można uznać, że uzyskane wyniki w ramach każdej serii nie różnią się między sobą. Dopiero zestawienie modeli z różnych serii ujawnia wpływ zbrojenia na szerokość rozwarcia rys (rys. 23 i 24).



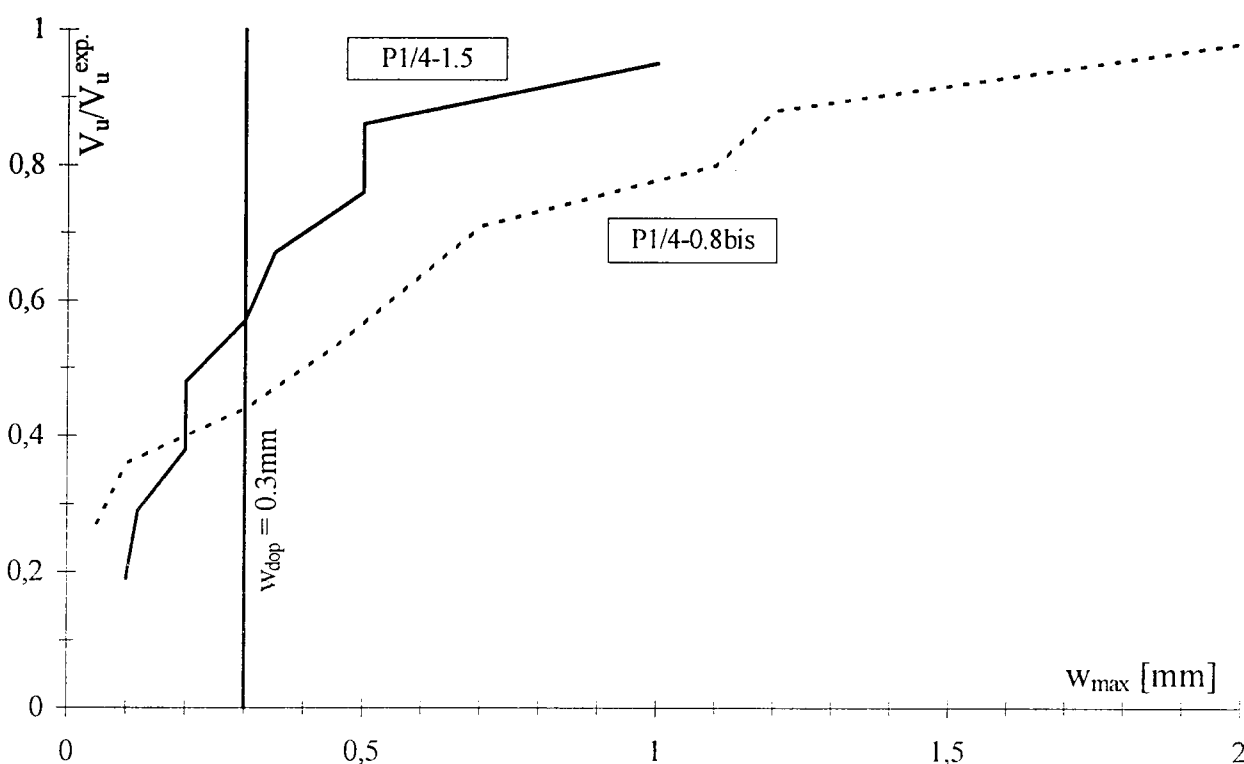
Rys. 21.



Rys. 22.



Rys. 23.



Rys. 24.

7.5. Mechanizm niszczenia

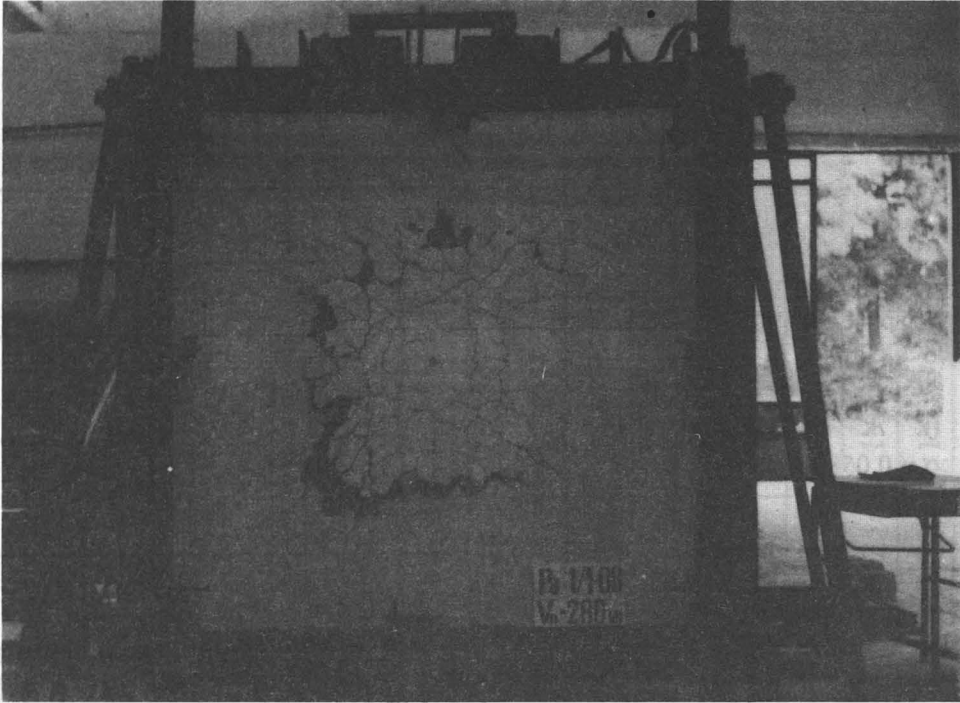
Obserwacja badanych modeli w zaawansowanym stadium ich obciążenia wykazała dwa rodzaje zniszczenia. Wiązało się to zawsze ze stopniem zbrojenia płyt. W przypadku serii ze zbrojeniem $\rho = 0.8\%$ stan graniczny wyczerpania nośności był sygnalizowany znacznym przyrostem ugięć i znaczną szerokością rozwarcia rys. Zwykle obciążenie graniczne mogło utrzymywać się przez kilka minut, w czasie których następował wyraźny przyrost ugięcia. Ostateczna destrukcja modelu polegała na wydzieleniu się fragmentu płyty wraz ze słupem w postaci charakterystycznej bryły w kształcie piramidy.

Przebieg modeli mocniej zbrojonych było natomiast bardzo gwałtowne, bez wyraźnej sygnalizacji przyrostem ugięć lub rozwojem szerokości rozwarcia rys.

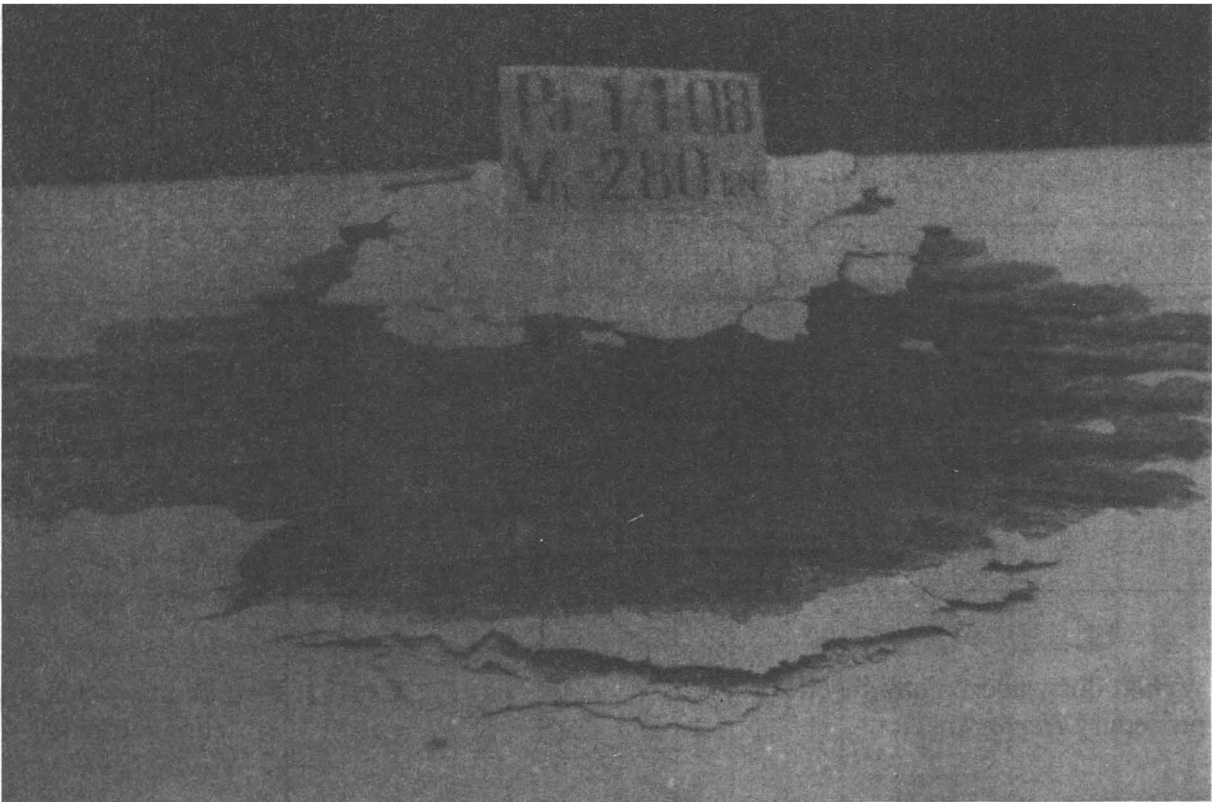
Przykładową formę zniszczenia modelu na przebiecie przedstawiono na rysunkach 25, 26 i 27, gdzie pokazano element P_d1/1-0.8 od strony rozciąganej oraz wydzielony fragment płyty.

7.6. Analiza wpływu parametru d/b

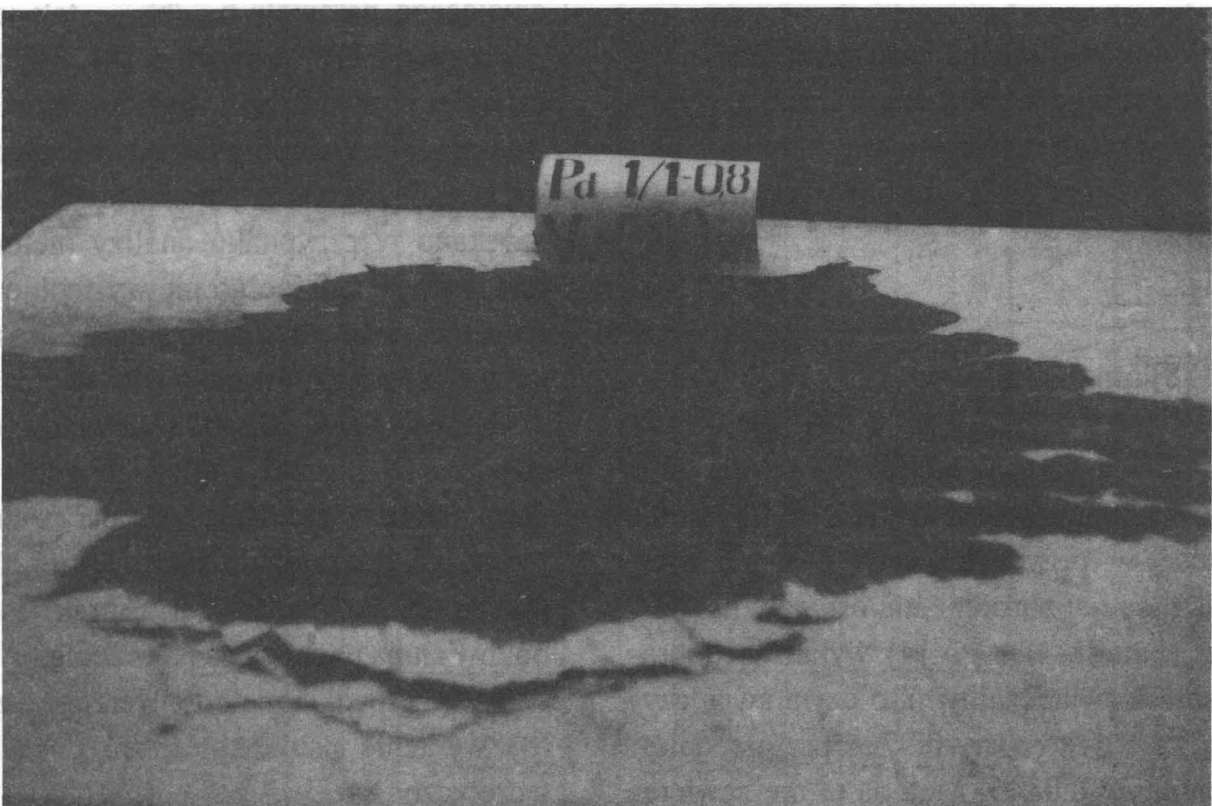
Program badań obejmował 5 modeli ze słupem o przekroju kwadratowym. Poszczególne modele różniły się w obu seriach wielkością boku słupa, przez co uzyskano zmienność parametru d/b. Modele te posłużyły do weryfikacji wzoru (5), co zostało pokazane na rys. 28. Punkty naniesione wzdłuż prostej opisanej wzorem (5) są wielkościami doświadczalnymi. O zgodności wyników badań z teoretycznymi przewidywaniami może świadczyć średni stosunek $k^{exp}/k^{teor.}$ (doświadczenie/teoria), który w tym wypadku wynosi 1.028 przy średnim standardowym odchyleniu równym 0.0589.



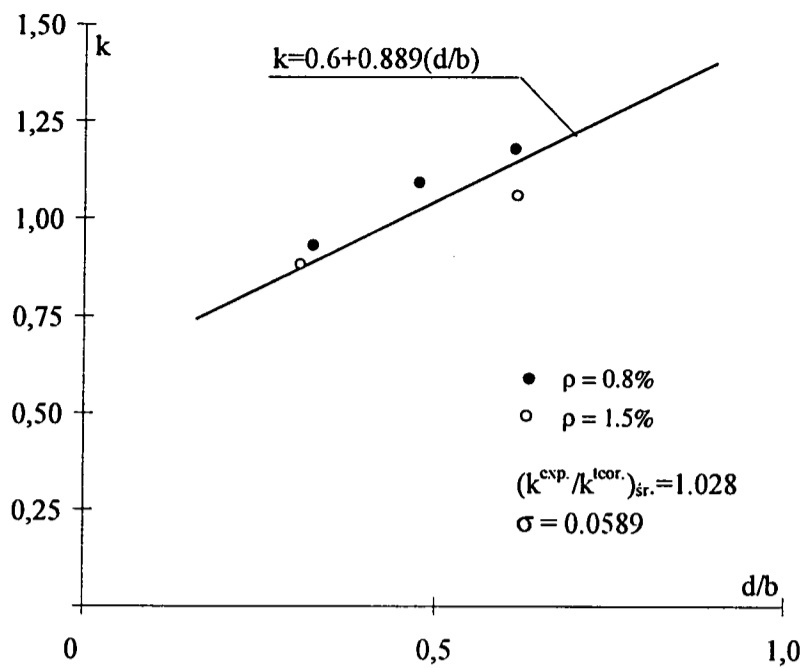
Rys. 25.



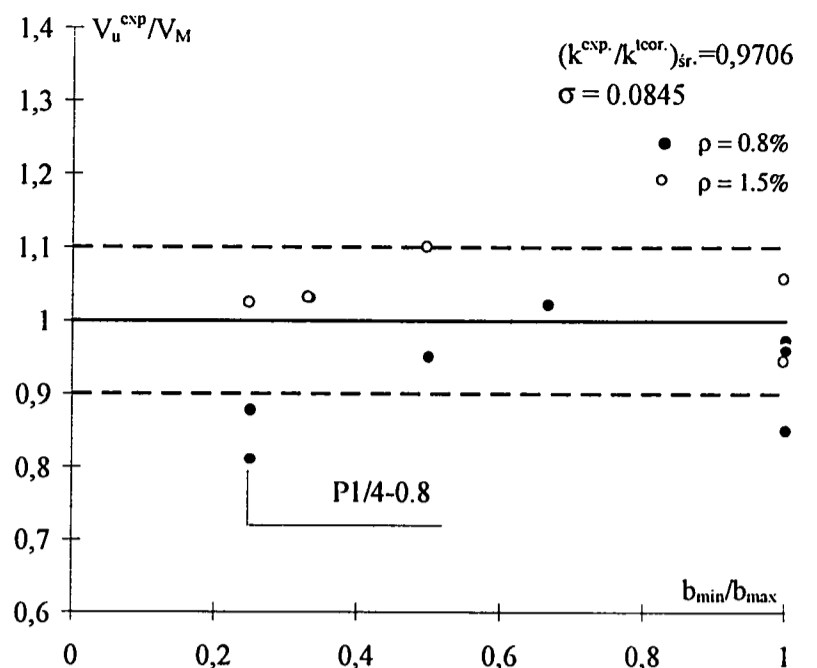
Rys. 26.



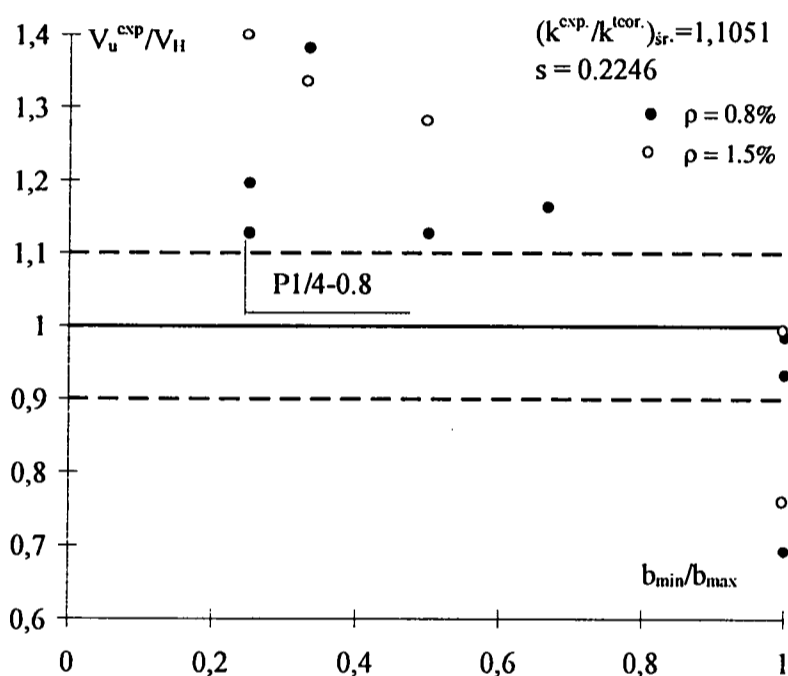
Rys. 27.



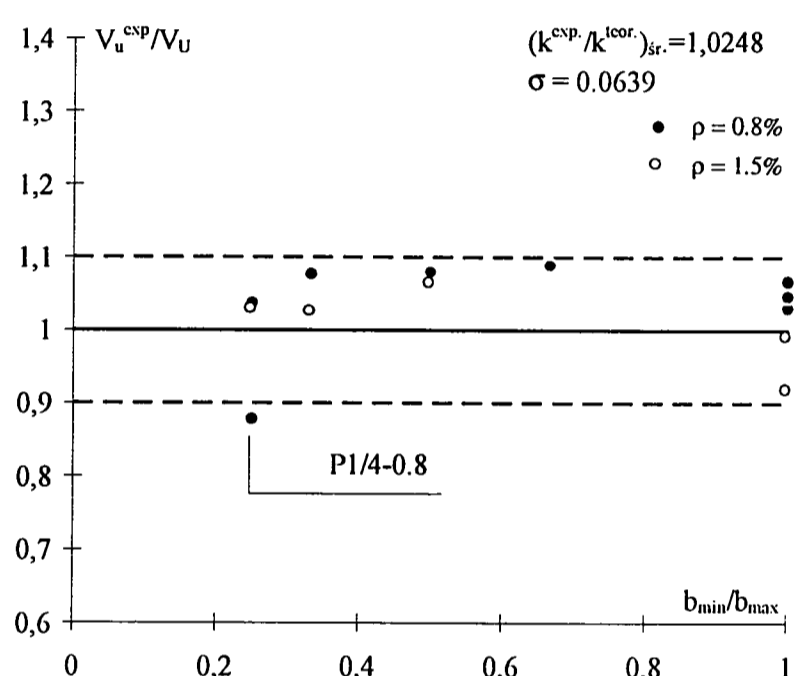
Rys. 28. Doświadczalna weryfikacja wzoru (5)



Rys. 29. Wyniki doświadczenia w świetle procedury Moego [4]



Rys. 30. Wyniki doświadczenia w świetle procedury Herzog'a [1]



Rys. 31. Wyniki doświadczenia w świetle teorii autora [2]

7.7. Wpływ proporcji boków słupa

Wpływ proporcji boków słupa na nośność na przebicie przeanalizowano porównując wyniki empiryczne z wynikami obliczeniowymi według sześciu metod:

- wg *Elstnera'a* i *Hognestad'a* [3] - nośność na zginanie,
- wg *Moe'go* [4],
- wg *Herzog'a* [1],
- wg autora [2],
- wg ACI 318-83 [8] oraz
- wg PN-84/B-03264.

Rezultaty tej analizy zawarto w tabelicy 5. Metoda linii załomów wg wzorów podanych w pracy [3], oddaje dość dobrze rzeczywistość w przypadku serii z mniejszym zbrojeniem. Modele mocniej zbrojone nie osiągały już nośności na zginanie. Metoda *Moe'go* [4] wykazała dobrą zgodność z wynikami doświadczalnymi, o czym świadczy średni stosunek $V_u^{exp.}/V_u^{teor.}$ równy 0.9706 przy średnim standardowym odchyleniu 0.0845. Metoda ta nie zawiera

w swej procedurze współczynnika korekcyjnego uwzględniającego parametr b_{min}/b_{max} , tak jak to ma miejsce u *Herzog'a* [1] we wzorze (8). Wyniki porównania tej ostatniej procedury z doświadczeniem kształtują się znacznie gorzej niż według metody *Moe'go*.

Najlepsze rezultaty porównania doświadczenia z teorią uzyskano w przypadku analizy metodą autora, w której podobnie jak u *Moe'go* nie występuje korekta ze względu na parametr b_{min}/b_{max} . Dla słupów prostokątnych do celów tej analizy przyjmowano średni wymiar $b=(b_x+b_y)/2$.

Na rysunkach 29, 30, 31 wyniki tych porównań przedstawiono w postaci graficznej, gdzie na odciętej odkładano parametr b_{min}/b_{max} , a na osi rzędnej stosunek nośności doświadczalnej do teoretycznej. Jak widać z powyższych analiz (rys. 29 i 31), brak jest wpływu proporcji boków słupa na nośność na przebicie.

W przypadku metody *Herzog'a* zastosowanie wzoru (8) wyraźnie psuje zbieżność doświadczenia z analizą teoretyczną.

Tablica 5

MODEL	V_u^{exp} kN	V_E kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_E}$	V_M kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_M}$	V_H kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_H}$	V_U kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_U}$	V_{ACI} kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_{ACI}}$	V_{PN} kN	$\frac{V_u^{exp}}{V_{PN}}$
P _m 1/1-0.8	210	222.6	0.9434	215.9	0.9727	213.3	0.9845	203.8	1.0304	172.5	1.2174	195.8	1.0725
P 1/1-0.8	220	221.7	0.9923	229.4	0.9590	235.8	0.9329	206.1	1.0674	188.0	1.1702	212.6	1.0348
P _d 1/1-0.8	280	273.1	1.0253	329.6	0.8495	404.3	0.6926	267.4	1.0471	336.1	0.8331	389.7	0.7185
P 1/1.5-0.8	220	214.8	1.0242	215.4	1.0214	189.0	1.1640	202.0	1.0891	172.5	1.2754	192.6	1.1423
P 1/2-0.8	215	215.5	0.9977	226.1	0.9509	190.7	1.1274	199.1	1.0799	187.1	1.1491	213.7	1.0061
P 1/3-0.8	210	206.6	1.0164	202.7	1.0309	152.0	1.3816	195.0	1.0769	134.3	1.5637	179.0	1.1732
P 1/4-0.8	176	213.9	0.8228	217.1	0.8107	156.0	1.1282	200.5	0.8778	130.9	1.3445	169.9	0.8939
P 1/4-0.8bis	225	235.4	0.9558	256.5	0.8772	188.0	1.1968	217.0	1.0369	162.5	1.3846	251.6	0.8943
P _m 1/1-1.5	260	365.0	0.7123	246.5	1.0548	262.1	0.9919	283.7	0.9164	165.4	1.5719	185.5	1.4016
P _d 1/1-1.5	360	426.6	0.8439	381.9	0.9427	475.7	0.7568	360.9	0.9888	300.1	1.1996	344.8	1.0441
P 1/2-1.5	252	305.6	0.8246	229.6	1.0976	197.0	1.2792	237.0	1.0633	155.2	1.6237	170.6	1.4771
P 1/3-1.5	220	298.1	0.7380	213.9	1.0285	165.0	1.3330	215.2	1.0223	118.3	1.8597	151.7	1.4502
P 1/4-1.5	210	291.5	0.7204	205.6	1.0214	150.3	1.3972	204.5	1.0269	101.6	2.0669	142.9	1.4696
	$\bar{x} =$		0.8936		0.9706		1.1051		1.0248		1.4046		1.1368
	$s =$		0.1210		0.0845		0.2246		0.0639		0.3281		0.2465
V_E - nośność na zginanie wg Elstner'a; V_M - wg Moe'go; V_H - wg Herzog'a; V_U - wg Urbana; V_{ACI} - wg ACI-318; V_{PN} - wg PN-84/B-03264													

8. WNIOSKI

Przeprowadzone badania modelowe złączy płytowo-słupowych pozwalają na wyciągnięcie dwóch generalnych wniosków:

- Stosunek d/b jest istotnym parametrem wpływającym na nośność na przebicie. Powyższe stwierdzenie jest prawdziwe bez względu na kształt poprzeczny słupa. Ilościowo wpływ tego parametru z dobrym skutkiem aproksymuje wzór (5) w przypadku słupów kwadratowych oraz (9) dla słupów okrągłych.
- Dla słupów prostokątnych stosunek b_x/b_y okazał się nieistotny dla stanu granicznego nośności. Nie potwierdziły się hipotezy postawione we wstępie. Stosowalność wzoru (5) okazała się możliwa także dla słupów prostokątnych przez przyjęcie jako miarodajnego wymiaru średniego $b=(b_x+b_y)/2$.

Ważność powyższych wniosków należy ograniczyć tylko dla przypadków objętych zakresem badań, tzn. dla proporcji boków słupa od 1:1 do 1:4. Drugim ograniczeniem może okazać się adekwatność przyjętego modelu, który odwzorowuje złącza wewnętrzne ustrojów bezryglowych z kwadratową siatką podpór.

LITERATURA

- [1] Herzog M., *Wichtige Sonderfale des Durchstanzens von Stahlbeton- und Spannbetonplatten nach Versuchen*. Bauingenieur, vol. 49, 9/1974.
- [2] Urban T., *Nośność na przebicie - propozycja metody obliczeniowej*. XXXV Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1989.
- [3] Elstner R.C., Hognestad E., *Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs*. ACI Journal - July 1956.
- [4] Moe J., *Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings under Concentrated Loads*. Bulletin D47 PCA Skokie, Illinois, 1961.
- [5] Hawkins N.M., Fallsen H.B., Hinojsa R.C., *Effect of Column Rectangularity on the Strength and Behavior of Slab-Column Specimens*. Structures and Mechanics Report Sm-70-2. Department of Civil Engineering University of Washington 1970.
- [6] Hawkins N.M., Mitchel D., Hanna S.N., *Influence of Column Rectangularity on the Behavior of Flat Plate Structures*. SP-30, Cracking, Deflection and Ultimate Load of Concrete Slab Systems. ACI, Detroit 1971.
- [7] Hawkins N.M., *Shear Problems in Slabs*. Preprint No 2502. ASCE National Structural Convention, New Orleans 1975.
- [8] ACI 318-83. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. American Concrete Institute, Detroit 1971.
- [9] Kinnunen S., Nylander H. *Punching of Concrete Slabs without Shear Reinforcement*, Kungl. Tekniska Hogskolans Handlingar. Transactions of the Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden nr 158/1960.

WAŻNIEJSZE OZNACZENIA

b	- bok słupa kwadratowego lub średnia wartość dla słupów prostokątnych
b_x, b_y	- wymiar boku słupa w odpowiednim kierunku
b_{min}, b_{max}	- mniejszy i większy bok słupa
d	- wysokość użyteczna płyty
d_s	- zastępcza średnica pręta zbrojeniowego
e	- mimośród obciążenia
f_c	- wytrzymałość betonu mierzona na walcach 150/300 mm
$f_{c,cube}$	- wytrzymałość kostkowa betonu
f_y	- granica plastyczności zbrojenia
h	- grubość płyty
$k^{teor.}$	- współczynnik uwzględniający wpływ d/b lub b_{min}, b_{max} na nośność na przebicie
$k^{exp.}$	- jak wyżej, lecz doświadczalny
s	- średnie standardowe odchylenie lub rozstaw prętów zbrojenia
v	- przemieszczenie słupa
w	- szerokość rozwarcia rysy
w_{max}	- maksymalna szerokość rozwarcia rysy
x	- wartość średnia
A_s	- pole powierzchni przekroju pręta zbrojeniowego
D	- średnica słupa
V, V_u	- obciążenie
$V_u^{teor.}$	- siła przebijająca
$V_u^{exp.}$	- jak wyżej, lecz doświadczalna
\emptyset	- nominalna średnica pręta zbrojeniowego
τ_u	- graniczne naprężenie ścinające wg [2]
ρ, ρ'	- stopień zbrojenia głównego i strefy ściskanej
$\bar{\rho}'$	- stopień zbrojenia średnioważony,
v	- współczynnik zmienności

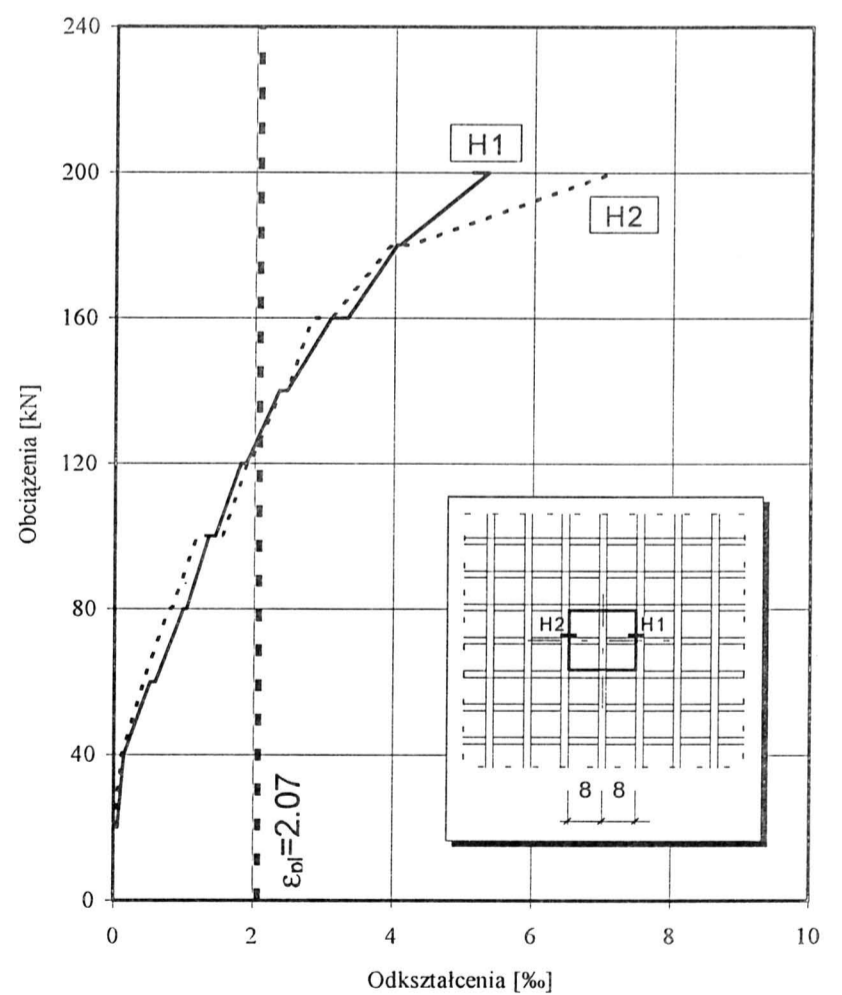
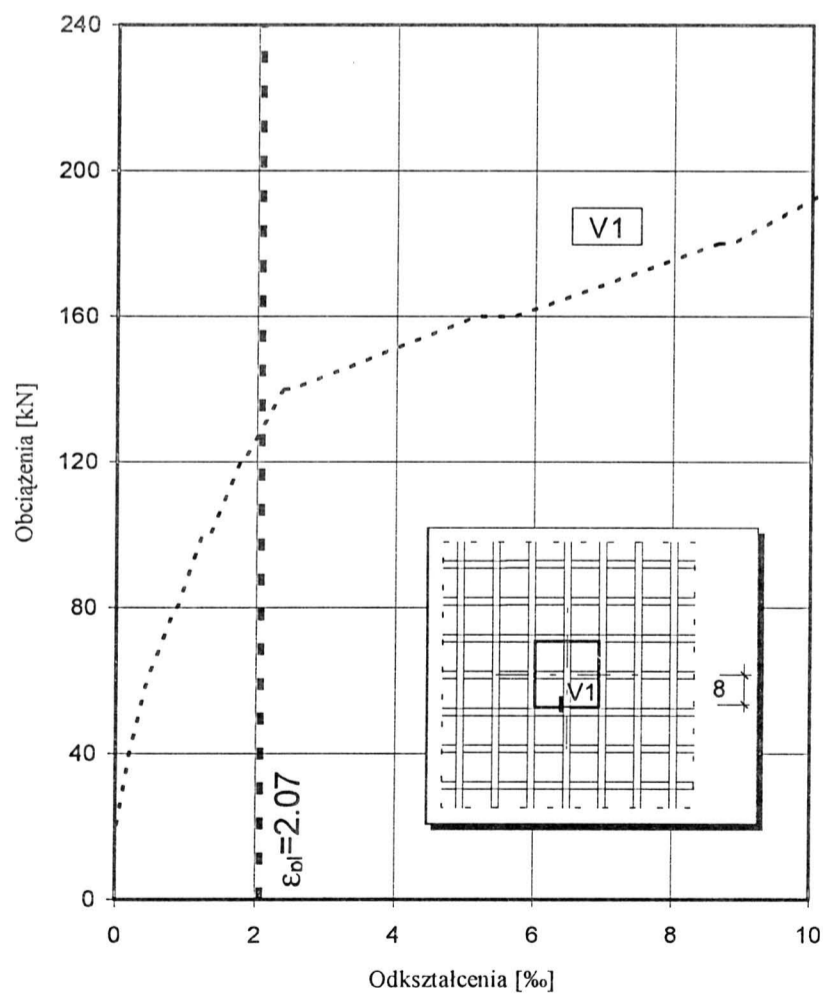
Załącznik

Wyniki pomiarów

Tablica 1.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V _u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V ₁		V ₂		V ₃		H ₁		H ₂		H ₃	
		[kN]	ε [%]	σ [MPa]	ε [%]	σ [MPa]	ε [%]	σ [MPa]	ε [%]	σ [MPa]	ε [%]	σ [MPa]	ε [%]
20	0.10		0.020	4				0.050	10	0.005	1		
40	0.19		0.195	39				0.140	28	0.105	21		
60	0.29	p	0.445	89				0.510	102	0.425	85		
		k	0.450	90				0.590	118	0.415	83		
80	0.38	p	0.845	169				0.990	198	0.780	156		
		k	0.875	175				1.030	206	0.820	164		
100	0.48	p	1.225	251				1.350	270	1.180	236		
		k	1.345	269				1.440	288	1.545	309		
120	0.57	p	1.765	353				1.810	362	1.890	378		
		k	1.810	362				1.880	376	1.935	387		
140	0.67	p	2.375					2.350		2.375			
		k	2.500					2.460		2.465			
160	0.76	p	5.155					3.100		2.815			
		k	5.705					3.330		3.095			
180	0.86	p	8.645					4.030		3.945			
		k	8.835					4.070		4.215			
200	0.95	p	10.765					5.340		7.115			
		k	10.655					5.120		7.115			

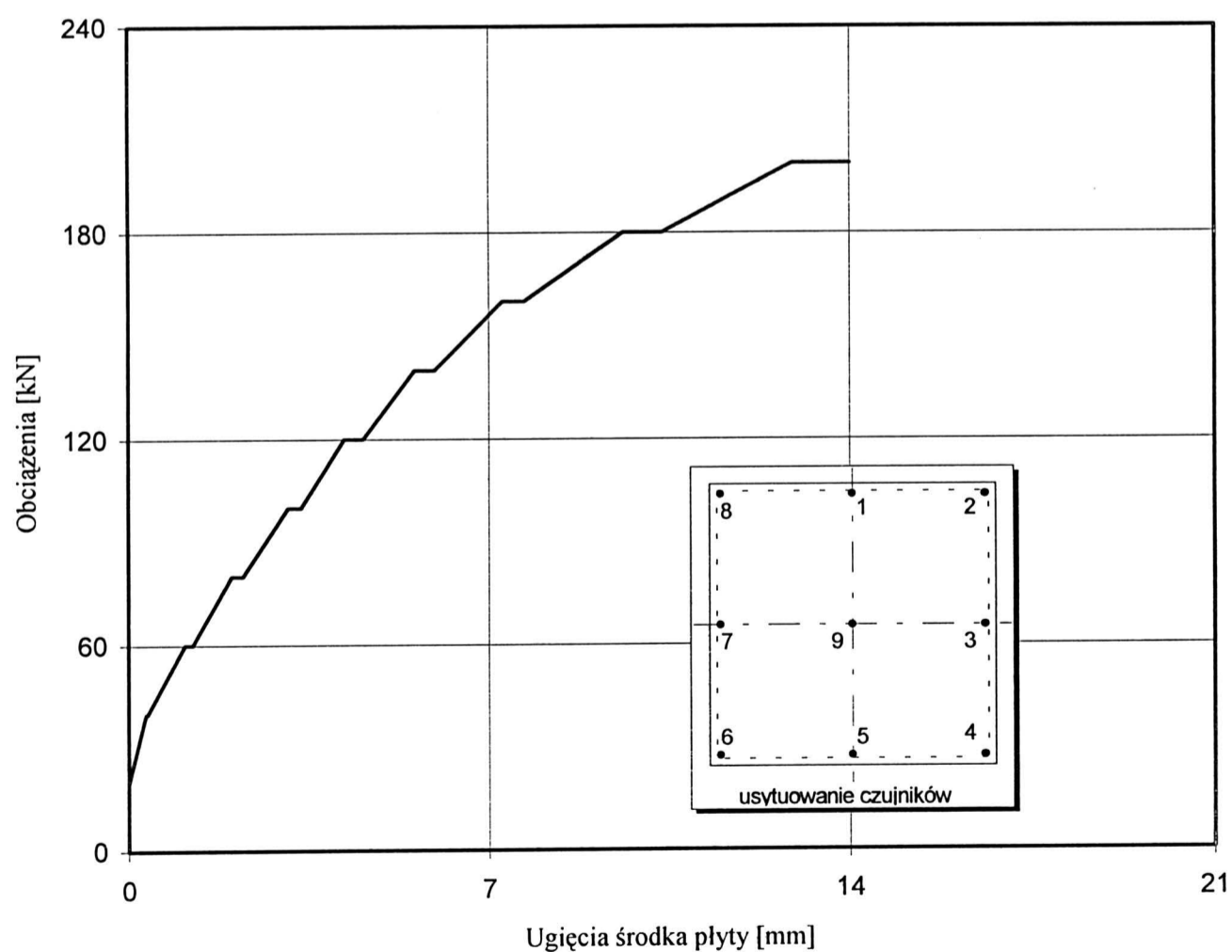
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 1.2. Przemieszczenia płyty

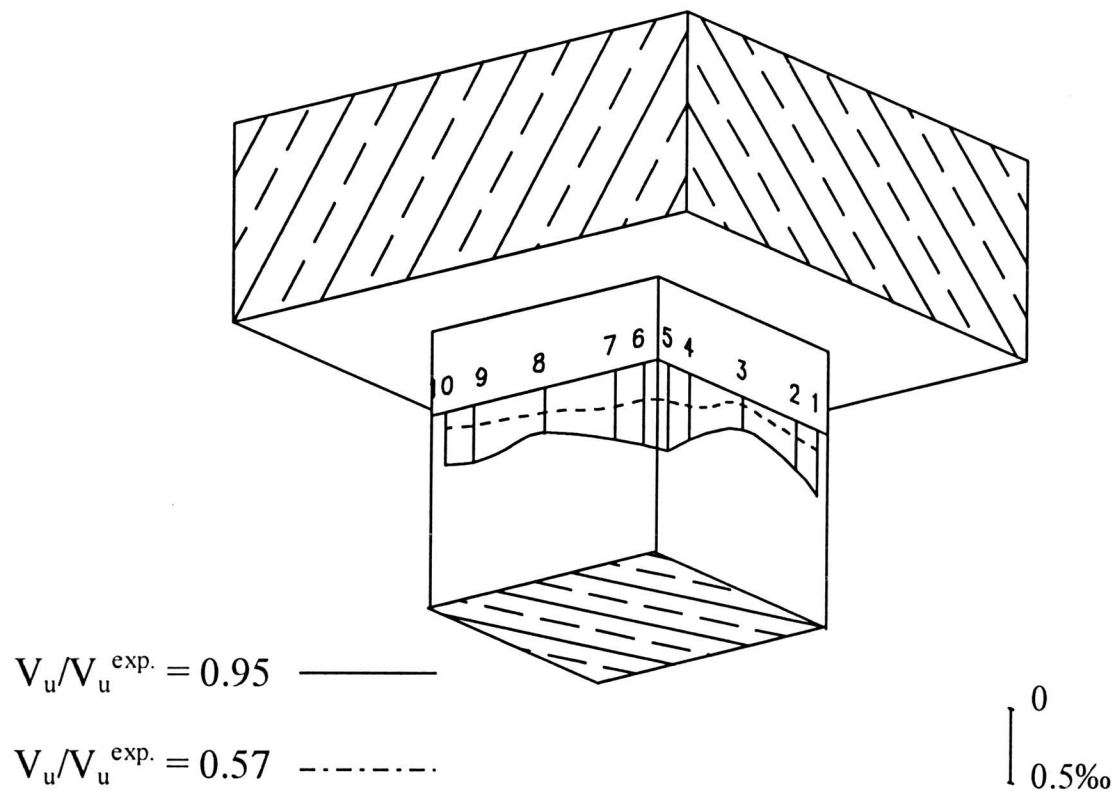
V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
20		1.38	0.89	0.64	0.03	0.16	0.00	1.00	1.56	0.80	0.79	0.01	
40	0.19	p	2.69	1.83	1.50	0.26	0.78	0.31	2.10	2.84	2.10	1.76	0.33
		k	2.79	1.85	1.56	0.28	0.83	0.32	2.16	2.89	2.20	1.83	0.36
60	0.29	p	4.01	2.31	2.53	0.62	1.67	0.46	3.21	3.86	3.95	2.85	1.09
		k	4.27	2.27	2.63	0.67	1.79	0.47	3.32	3.93	4.25	3.00	1.24
80	0.38	p	5.35	2.54	3.50	0.94	2.49	0.47	4.24	4.76	5.90	3.89	2.00
		k	5.48	2.48	3.57	0.95	2.56	0.45	4.31	4.80	6.20	3.98	2.22
100	0.48	p	6.57	2.74	4.37	1.13	3.10	0.35	5.15	5.50	7.90	4.79	3.10
		k	6.74	2.73	4.47	1.14	3.18	0.33	5.23	5.54	8.25	4.90	3.34
120	0.57	p	7.46	2.95	5.05	1.26	3.52	0.23	5.80	5.96	9.65	5.45	4.19
		k	7.60	2.90	5.12	1.24	3.59	0.20	5.87	5.99	10.10	5.54	4.55
140	0.67	p	8.26	2.98	5.63	1.33	3.91	0.11	6.00	6.30	11.50	5.95	5.55
		k	8.42	3.02	5.74	1.33	4.00	0.09	6.49	6.33	12.10	6.16	5.93
160	0.76	p	8.99	2.95	6.26	1.33	4.31	0.01	6.98	6.46	13.90	6.63	7.26
		k	9.10	2.91	6.34	1.33	4.37	0.00	7.04	6.44	14.40	6.71	7.68
180	0.86	p	9.72	3.83	6.90	1.24	4.73	0.00	7.62	6.49	16.85	7.24	9.60
		k	9.91	3.72	7.06	1.21	4.85	0.00	7.74	6.45	17.75	7.39	10.36
200	0.95	p	10.62	2.47	7.71	0.93	5.28	0.00	8.41	6.39	20.90	8.00	12.89
		k	10.79	2.40	7.86	0.88	5.39	0.00	8.52	6.34	22.15	8.14	14.01

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



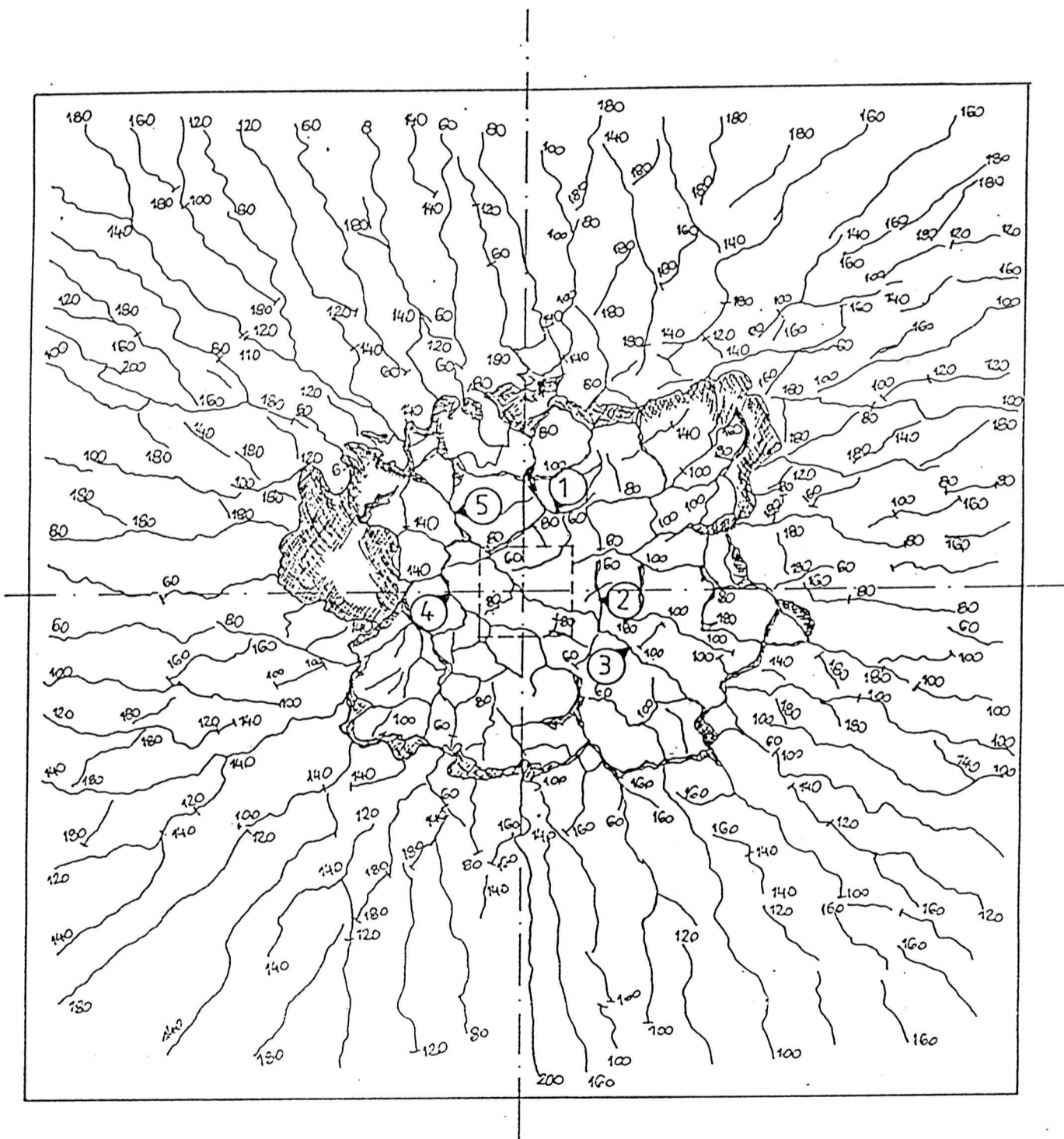
Tablica 1.3 Odształcenia słupa

V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ε [‰]	2 ε [‰]	3 ε [‰]	4 ε [‰]	5 ε [‰]	6 ε [‰]	7 ε [‰]	8 ε [‰]	9 ε [‰]	10 ε [‰]	11 ε [‰]	12 ε [‰]	13 ε [‰]	14 ε [‰]
20	0.09	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.02				
40	0.19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.02				
60	0.29	0.02	0.05	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05				
80	0.38	0.05	0.05	0.02	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.07	0.05				
100	0.48	0.07	0.07	0.05	0.12	0.17	0.17	0.17	0.12	0.12	0.07				
120	0.57	0.12	0.10	0.05	0.20	0.22	0.22	0.22	0.15	0.12	0.18				
140	0.67	0.17	0.15	0.10	0.22	0.29	0.25	0.25	0.17	0.15	0.12				
160	0.76	0.22	0.20	0.12	0.29	0.37	0.32	0.32	0.20	0.20	0.17				
180	0.86	0.29	0.22	0.15	0.32	0.42	0.39	0.34	0.25	0.27	0.25				
200	0.95	0.39	0.29	0.20	0.39	0.51	0.49	0.42	0.27	0.34	0.32				



Tablica 1.4. Szerokości rozwarcia rys

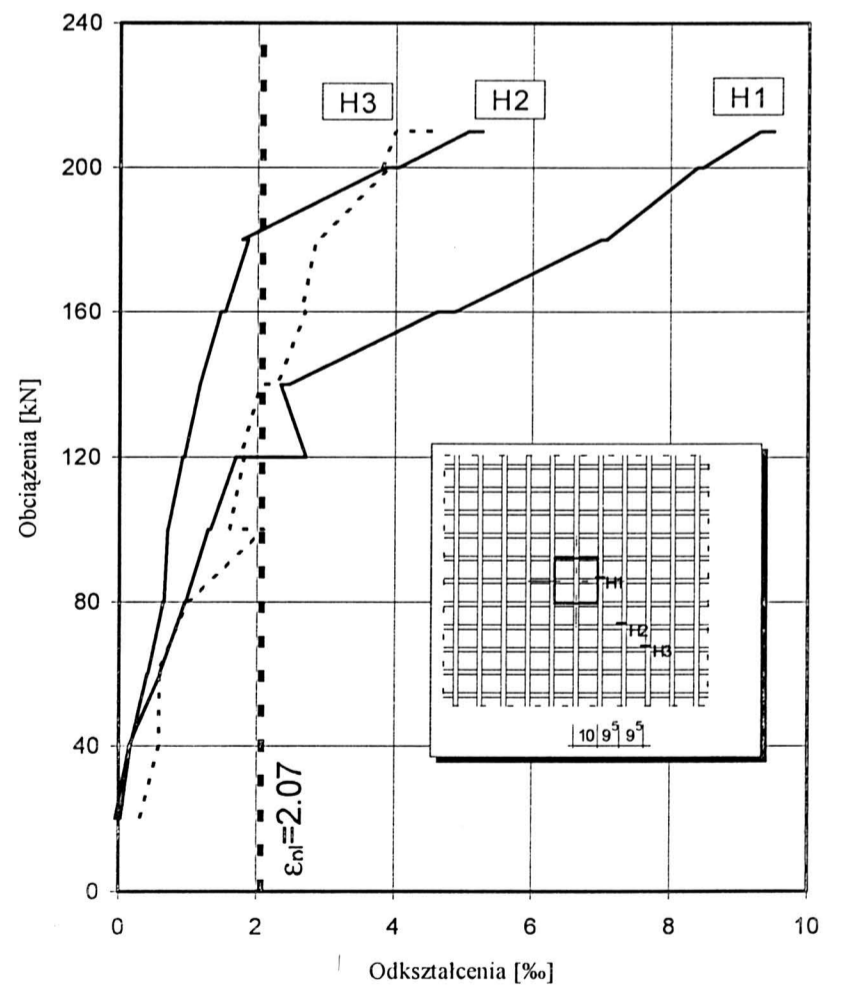
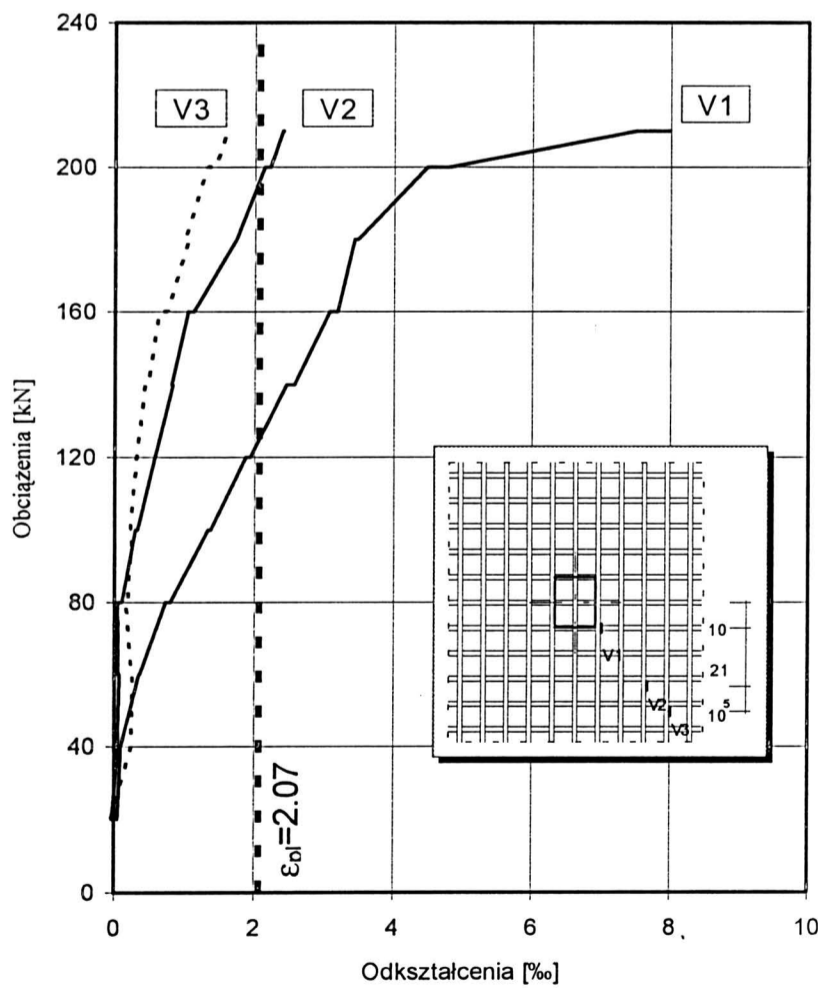
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V [kN]}{V / V_u^{exp.}}$									
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
	0.19	0.26	0.34	0.48	0.57	0.67	0.76	0.86	0.95	
1	0.02	0.05	0.10	0.20	0.30	0.35	0.50	0.60	-	
2	-	0.05	0.12	0.20	0.20	0.25	0.40	0.60	0.80	
3	-	0.05	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	0.90	
4	-	0.05	0.10	0.20	0.25	0.35	0.40	0.50	0.80	
5	-	-	-	-	0.30	0.35	0.35	0.50	0.80	
MAX								0.80	1.20	



Tablica 2.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	
20	0.09	0.055	11	-0.030	-	-0.045	-	-0.050	-	0.030	6	0.310	62	
40	0.18	0.100	20	0.055	11	0.245	49	0.155	31	0.170	34	0.580	116	
60	0.27	p	0.360	72	0.080	16	0.260	52	0.600	120	0.410	82	0.585	117
		k	0.370	74	0.060	12	0.245	49	0.590	118	0.420	84	0.560	112
80	0.36	p	0.730	146	0.055	11	0.165	33	0.960	192	0.640	128	0.995	119
		k	0.800	160	0.105	21	0.190	38	0.970	194	0.655	131	1.010	202
100	0.45	p	1.340	268	0.300	60	0.245	49	1.290	258	0.700	140	2.100	
		k	1.380	276	0.330	66	0.225	45	1.325	265	0.705	141	1.600	
120	0.55	p	1.880		0.580	116	0.315	63	1.690	338	0.920	184	1.810	
		k	1.945		0.580	116	0.315	63	2.710		0.940	188	1.760	
140	0.64	p	2.460		0.830	166	0.430	86	2.340		1.165	233	2.050	
		k	2.575		0.810	162	0.480	96	2.460		1.165	233	2.290	
160	0.73	p	3.080		1.050	210	0.630	126	4.620		1.470	294	2.695	
		k	3.190		1.125	225	0.755	143	4.870		1.530	306	2.640	
180	0.82	p	3.435		1.740	348	1.055	211	7.000		1.870		2.850	
		k	3.480		1.740	348	1.005	201	7.070		1.780		2.895	
200	0.91	p	4.480		2.140		1.315	263	8.390		3.870		3.910	
		k	4.800		2.220		1.435	287	8.470		4.050		3.805	
210	0.95	p	7.510		2.400		1.605	321	9.300		5.060		3.995	
		k	7.980		2.410		1.600	320	9.500		5.260		4.670	

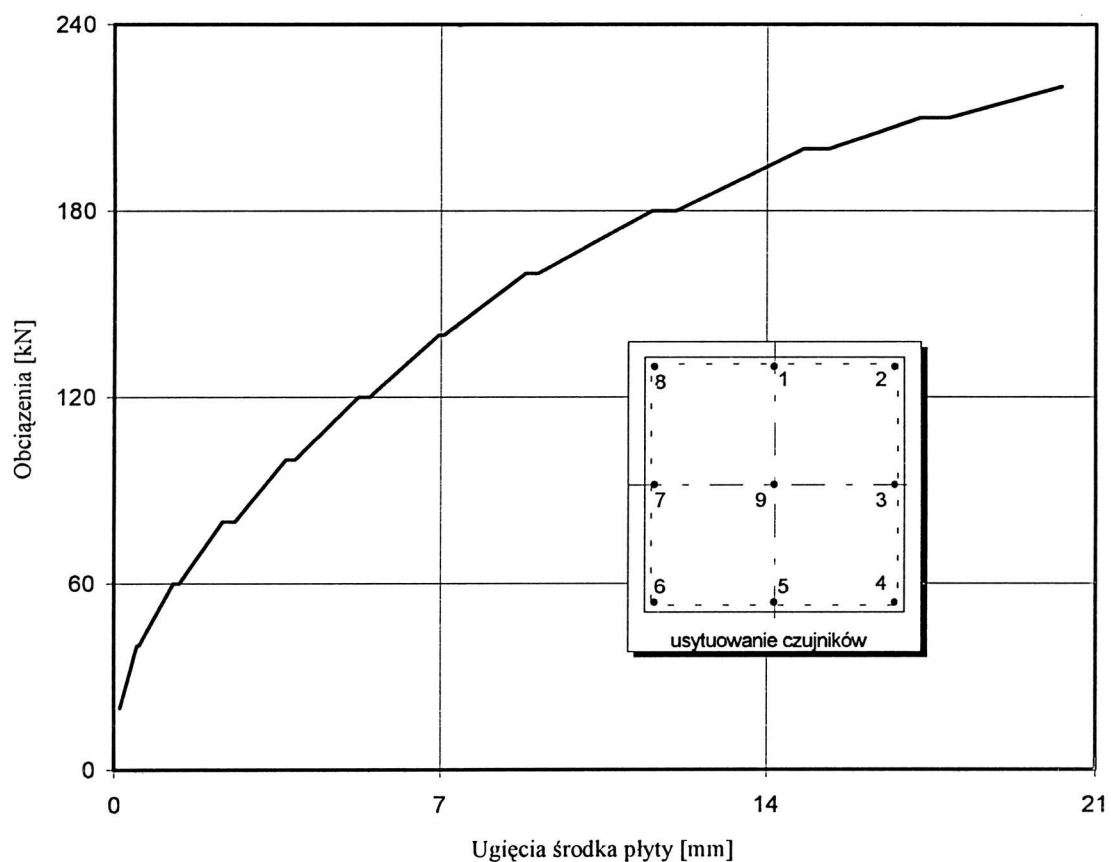
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 2.2. Przemieszczenia płyty

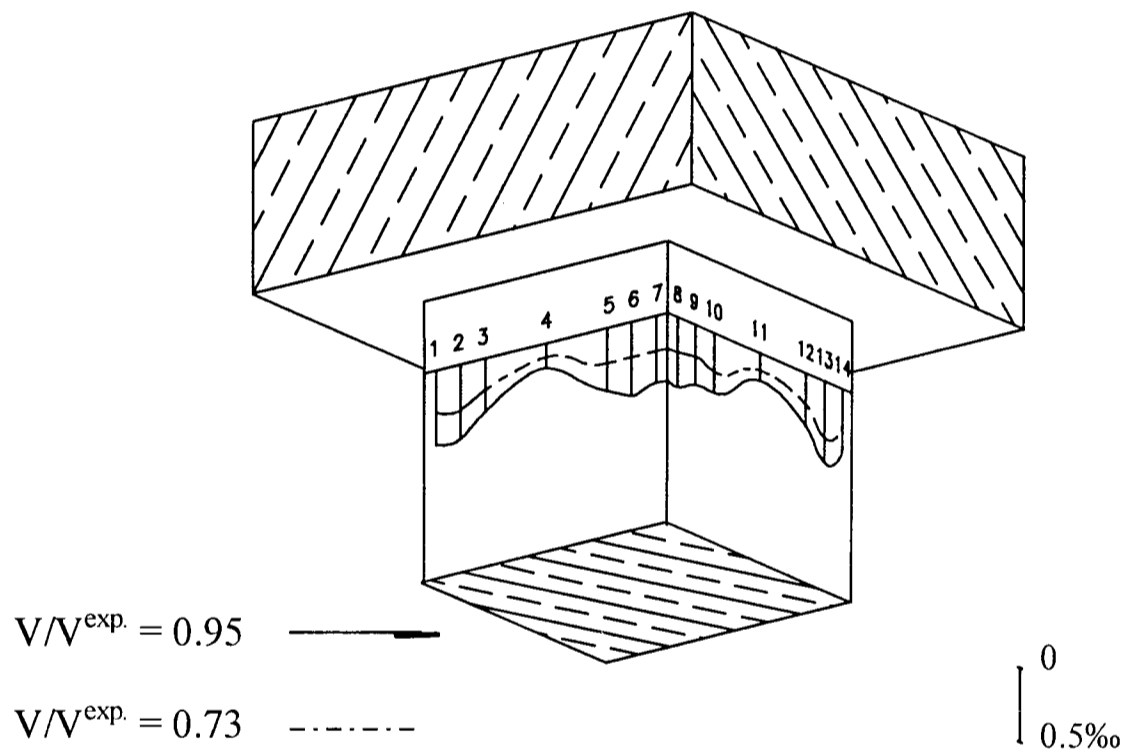
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]											[mm]	[mm]	
20	0.09	2.18	1.46	0.78	-0.30	0.15	0.35	1.60	2.71	1.30	1.17	0.12	
40	0.18	p	3.85	2.43	1.66	-0.08	0.64	0.52	2.69	4.23	2.70	2.21	0.49
		k	3.83	2.40	1.65	-0.09	0.65	0.52	2.72	4.25	2.75	2.21	0.53
60	0.27	p	4.86	2.61	2.29	0.19	1.26	0.53	3.52	5.04	4.25	2.98	1.26
		k	4.97	2.55	2.33	0.18	1.32	0.51	3.61	5.11	4.45	3.05	1.39
80	0.36	p	5.89	2.54	2.86	0.25	1.79	0.46	4.38	5.76	6.05	3.73	2.32
		k	6.01	2.46	2.92	0.18	1.85	0.44	4.48	5.90	6.40	3.81	2.58
100	0.45	p	6.78	2.45	3.42	0.23	2.19	0.36	5.09	6.23	8.05	4.37	3.68
		k	6.85	2.40	3.47	0.21	2.24	0.34	5.17	6.27	8.30	4.43	3.86
120	0.54	p	7.54	2.40	4.01	0.17	2.55	0.26	5.77	6.58	10.20	4.96	5.23
		k	7.61	2.42	4.08	0.16	2.59	0.23	5.84	6.73	10.50	5.03	5.47
140	0.64	p	8.21	2.48	4.63	0.09	2.86	0.14	6.05	6.94	12.40	5.43	6.96
		k	8.27	2.49	4.71	0.08	2.90	0.11	6.43	6.95	12.65	5.57	7.07
160	0.73	p	8.84	2.53	5.26	-0.07	3.20	-0.05	6.97	7.12	14.90	6.06	8.83
		k	8.94	2.50	5.39	-0.10	3.25	-0.09	7.04	7.11	15.25	6.15	9.09
180	0.82	p	9.58	2.41	6.02	-0.34	3.58	-0.31	7.64	7.18	18.25	6.70	11.54
		k	9.72	2.32	6.21	-0.39	3.66	-0.39	7.76	7.14	18.90	6.83	12.06
200	0.91	p	10.37	2.18	6.88	-0.72	4.02	-0.71	8.36	7.04	22.20	7.40	14.79
		k	10.49	2.07	7.04	-0.79	4.10	-0.78	8.45	7.00	22.85	7.52	15.33
210	0.95	p	10.96	1.92	7.53	-1.08	4.35	-1.06	8.86	6.87	25.20	7.92	17.27
		k	11.05	1.81	7.65	-1.12	4.41	-1.14	8.93	6.83	25.90	8.01	17.89
220	1.00	p	11.55	1.61	8.11	-1.45	4.67	-1.47	9.37	6.67	28.70	8.42	20.27

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



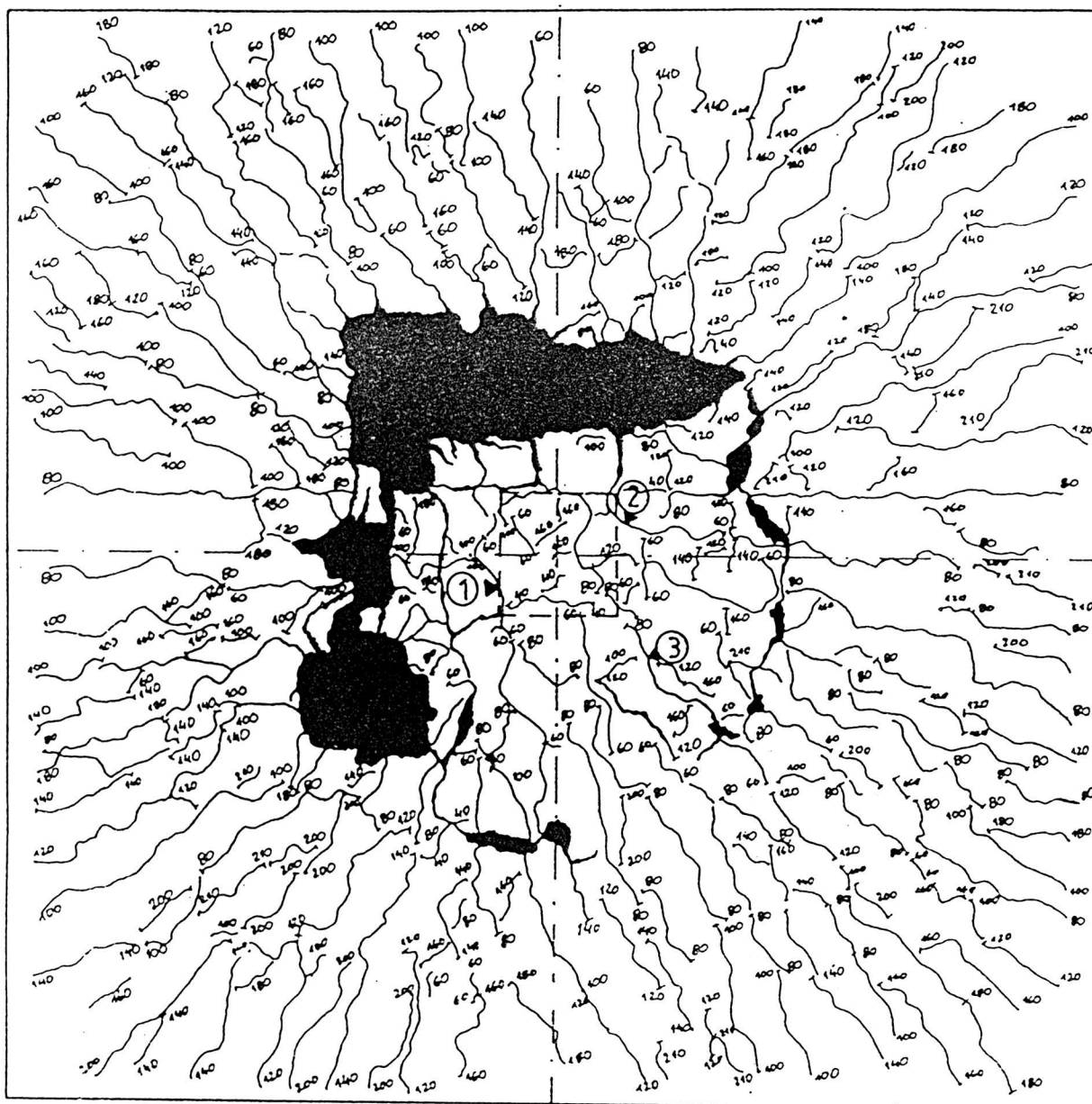
Tablica 2.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
20	0.09	0.05	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.00
40	0.18	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.07	0.02	0.02	0.05	0.00
60	0.27	0.02	0.05	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00
80	0.36	0.05	0.10	0.05	0.00	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00	0.12	0.00	0.05	0.15	0.07
100	0.45	0.10	0.15	0.10	0.00	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.03	0.07	0.20	0.10
120	0.54	0.15	0.20	0.12	0.02	0.12	0.15	0.10	0.12	0.10	0.22	0.05	0.12	0.25	0.15
140	0.64	0.20	0.25	0.17	0.05	0.17	0.17	0.15	0.17	0.15	0.25	0.12	0.17	0.34	0.22
160	0.73	0.30	0.32	0.22	0.10	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.27	0.12	0.22	0.39	0.25
180	0.82	0.34	0.34	0.25	0.10	0.32	0.37	0.29	0.32	0.27	0.32	0.15	0.34	0.44	0.32
200	0.91	0.47	0.44	0.32	0.15	0.37	0.42	0.42	0.42	0.37	0.37	0.20	0.32	0.51	0.37
210	0.95	0.52	0.52	0.37	0.17	0.44	0.52	0.47	0.49	0.42	0.42	0.20	0.37	0.56	0.42



Tablica 2.4. Szerokości rozwarcia rys

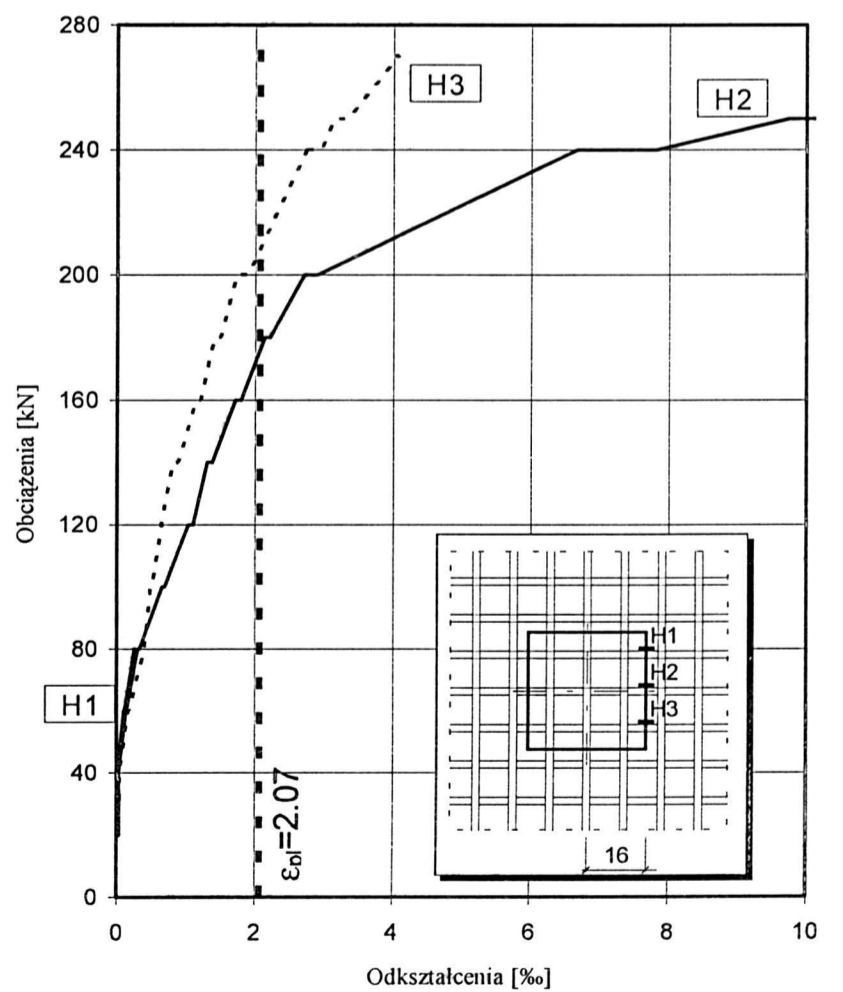
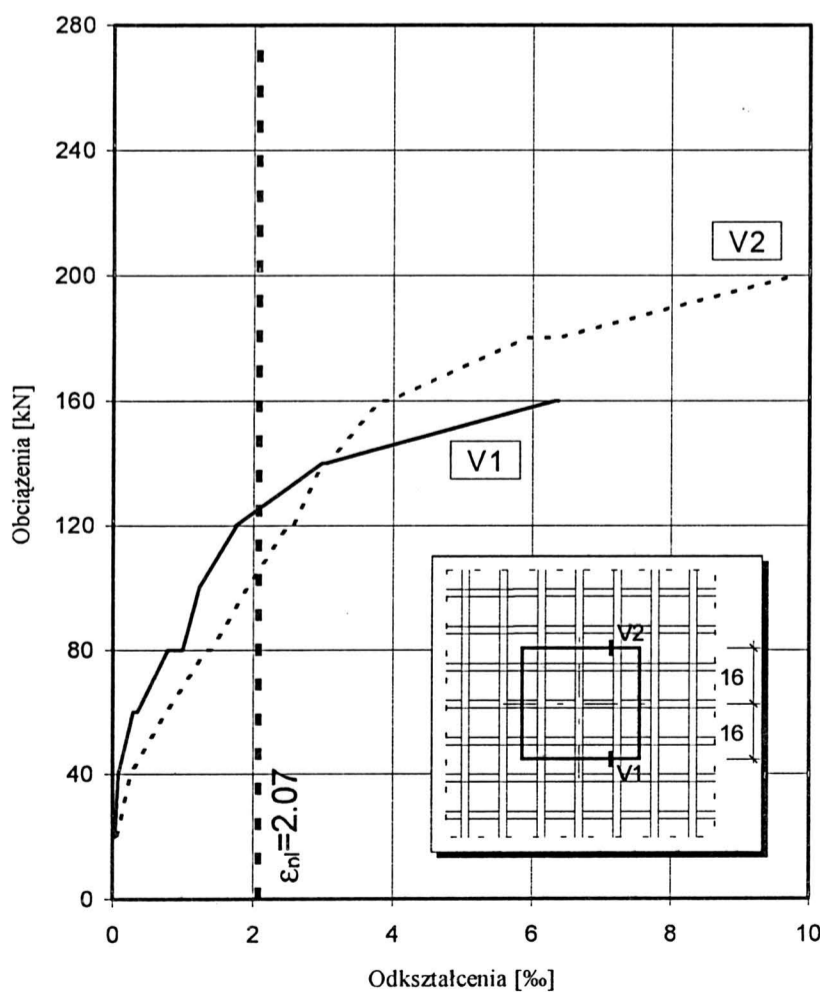
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V / V_u^{\text{exp.}}}$									
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	210
	0.18	0.27	0.36	0.45	0.55	0.64	0.73	0.82	0.91	0.95
1	0.02	0.10	0.15	0.20	0.30	0.35	0.55	0.80	1.20	1.30
2	-	0.08	0.15	0.23	0.30	0.35	0.35	0.40	0.70	0.75
3	-	0.05	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.50	0.50	0.60



Tablica 3.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	
20	0.09	0.035	7	0.060	12			0.010	2	0.035	7	0.035	7	
40	0.14	0.080	16	0.250	50			0.020	4	0.030	6	0.040	8	
60	0.21	p	0.290	58	0.750	150			0.100	20	0.135	27	0.170	34
		k	0.350	70	0.760	152			0.110	22	0.145	29	0.180	36
80	0.29	p	0.780	156	1.325	265			0.260	52	0.305	61	0.400	80
		k	0.990	198	1.400	280	0.330	66			0.400	80		
100	0.36	p	1.230	246	1.910	382					0.660	132	0.490	98
		k	1.230	246	1.920	384					0.695	139	0.510	102
120	0.43	p	1.760	352	2.480						1.035	207	0.650	130
		k	1.740	348	2.570						1.105	221	0.640	128
140	0.50	p	2.980		2.980						1.305	261	0.810	162
		k	3.040		3.060						1.385	277	0.890	178
160	0.58	p	6.330		3.800						1.715	343	1.150	230
		k	6.370		3.940						1.795	359	1.210	242
180	0.64	p			5.920						2.145		1.410	282
		k			6.350						2.215		1.500	300
200	0.71	p			9.830						2.715		1.730	346
		k									2.905		1.900	380
240	0.86	p									6.665		2.750	
		k									7.815		2.960	
250	0.89	p									9.745		3.140	
		k									10.315		3.340	
270	0.96	p											4.070	
		k											4.020	

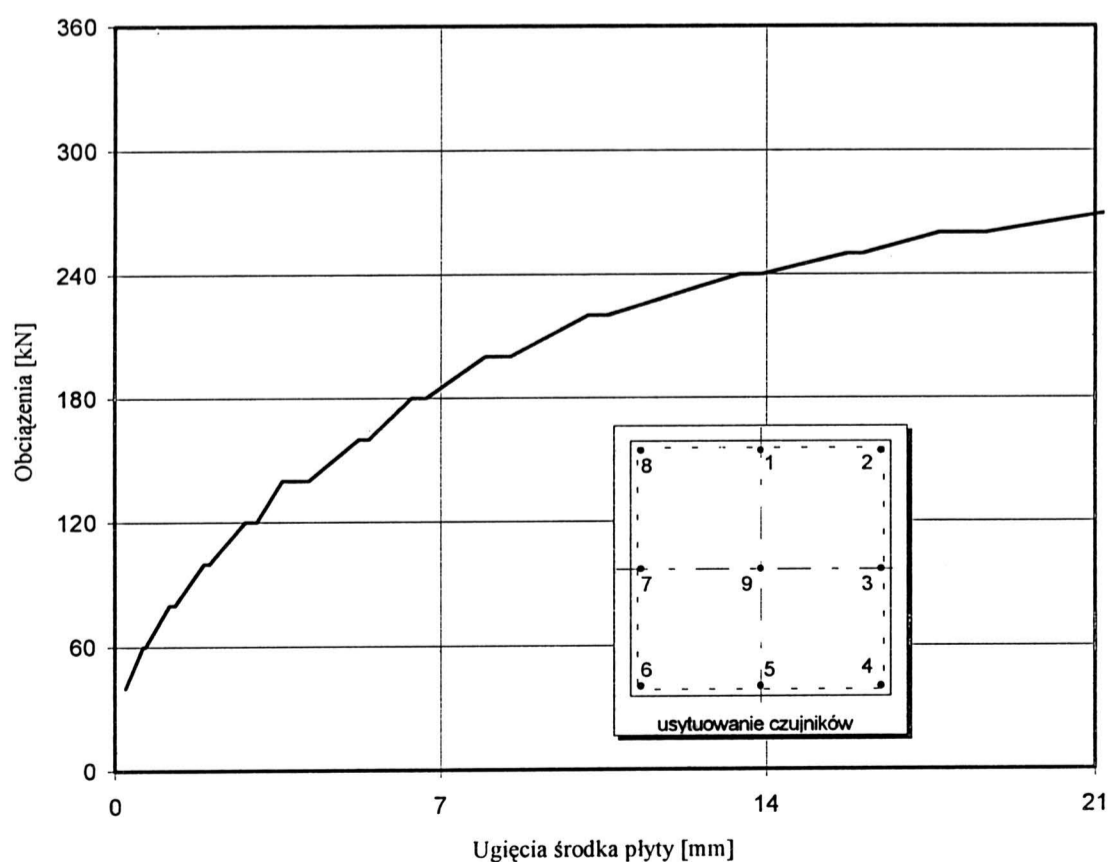
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 3.2. Przemieszczenia płyty

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]											[mm]	[mm]	
40	0.14	2.56	1.95	1.62		0.99		2.33		2.10	1.87	0.22	
60	0.21	p	3.60	2.58	2.62		1.51		3.26		3.35	2.74	0.60
		k	3.71	2.57	2.72		1.58		3.38		3.50	2.84	0.65
80	0.29	p	4.65		3.55		1.92		4.21		4.75	3.58	1.16
		k	4.80		3.70		2.01		4.34		5.00	3.71	1.28
100	0.36	p	5.59		4.35		2.29		5.10		6.25	4.33	1.91
		k	5.72		4.44		2.36		5.14		6.45	4.41	2.03
120	0.43	p	6.51		5.08		2.64		5.79		7.80	5.00	2.79
		k	6.72		5.23		2.75		5.91		8.20	5.15	3.04
140	0.50	p	7.47		5.89		3.02		6.44		9.30	5.70	3.59
		k	7.50		5.94		3.04		6.47		9.90	5.73	4.16
160	0.57	p	8.11		6.52		3.27		6.90		11.45	6.20	5.25
		k	8.24		6.64		3.33		6.95		11.75	6.29	5.46
180	0.64	p	8.87		7.11		3.51		7.36		13.10	6.71	6.38
		k	8.89		7.33		3.59		7.43		13.50	6.81	6.69
200	0.71	p	9.43		7.83		3.79		7.88		15.20	7.23	7.96
		k	9.58		8.07		3.96		7.99		15.90	7.40	8.50
220	0.79	p	10.02		8.55		4.15		8.38		17.95	7.77	10.17
		k	10.16		8.74		4.22		8.46		18.50	7.89	10.60
240	0.86	p	10.84		9.40		4.57		8.99		21.90	8.45	13.45
		k	11.05		9.64		4.70		9.16		22.55	8.63	13.91
250	0.89	p	11.43		9.99		4.87		9.40		24.65	8.92	15.72
		k	11.62		10.19		5.00		9.54		25.15	9.08	16.06
260	0.93	p	12.01		10.55		5.20		9.85		27.10	9.40	17.69
		k	12.31		10.76		5.35		10.02		28.30	9.61	18.69
270	0.96	p	12.82		11.27		5.68		10.49		31.40	10.06	21.33
		k	13.15		11.59		5.89		10.76		33.35	10.34	23.00

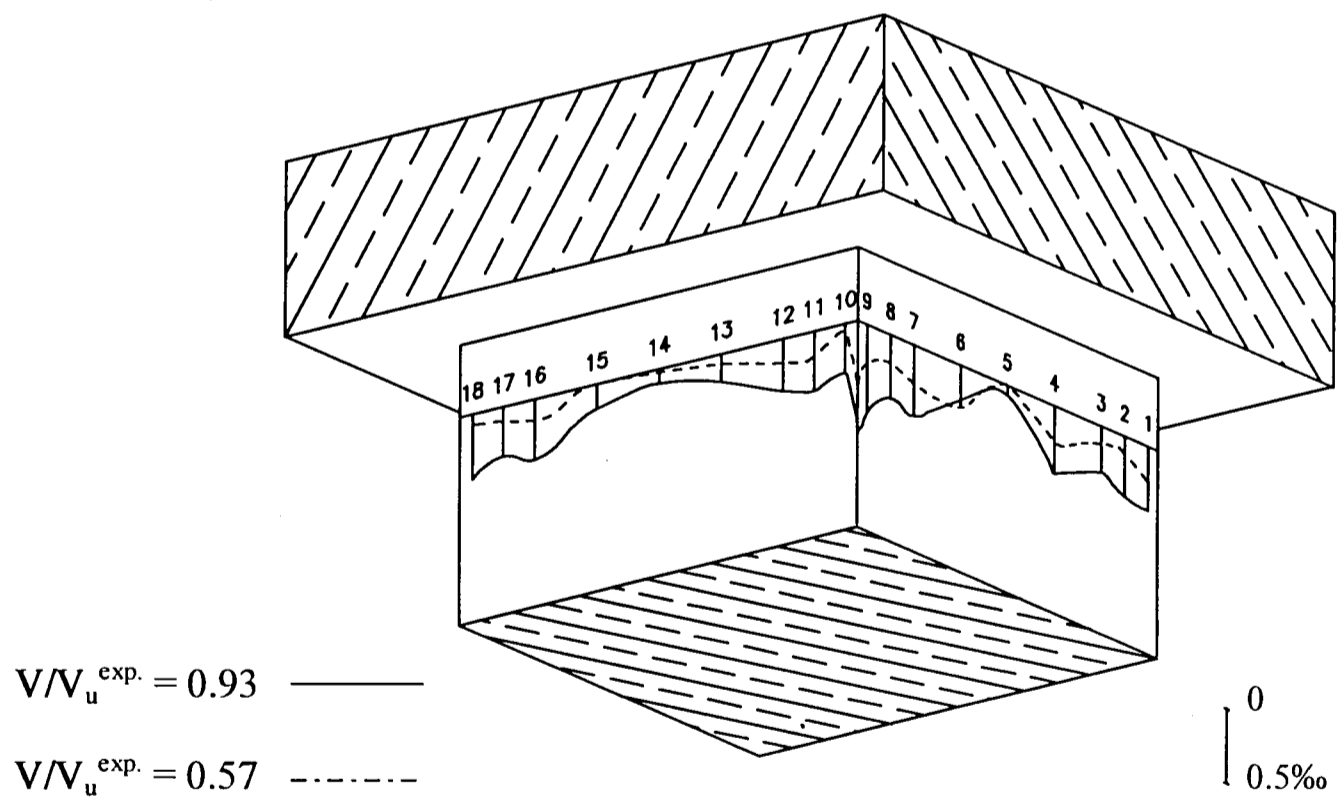
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 3.3 Odształcenia słupa

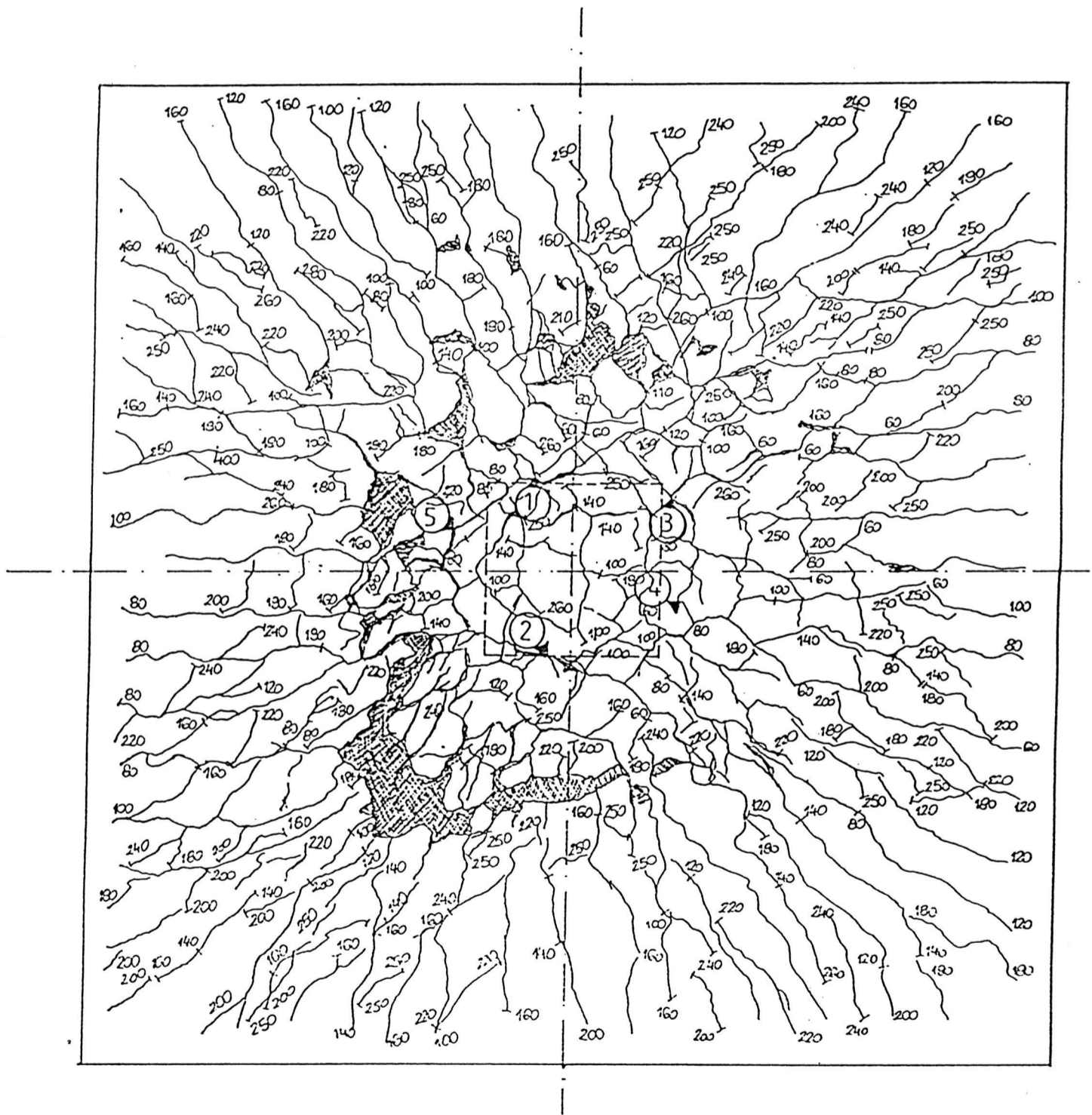
V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ε [‰]	2 ε [‰]	3 ε [‰]	4 ε [‰]	5 ε [‰]	6 ε [‰]	7 ε [‰]	8 ε [‰]	9 ε [‰]
40	0.14	0.02	0.05	0.15	0.20	0.02	0.22	0.17	0.00	0.00
80	0.28	0.12	0.10	0.24	0.22	0.07	0.20	0.32	0.22	0.20
120	0.43	0.10	0.05	0.17	0.22	0.02	0.22	0.29	0.27	0.17
160	0.57	0.25	0.12	0.12	0.25	0.00	0.29	0.27	0.20	0.27
200	0.71	0.37	0.29	0.25	0.24	0.02	0.27	0.49	0.61	0.56
240	0.86	0.57	0.37	0.22	0.42	0.02	0.20	0.51	0.61	0.71
260	0.93	0.44	0.42	0.32	0.47	0.07	0.25	0.49	0.44	0.61

V [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	10 ε [‰]	11 ε [‰]	12 ε [‰]	13 ε [‰]	14 ε [‰]	15 ε [‰]	16 ε [‰]	17 ε [‰]	18 ε [‰]
40	0.14	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.02	0.07	0.05	0.02
80	0.28	0.05	0.07	0.07	0.05	0.00	0.02	0.12	0.07	0.00
120	0.43	0.02	0.15	0.15	0.07	0.07	0.02	0.20	0.12	0.07
160	0.57	0.07	0.17	0.17	0.07	0.02	0.00	0.15	0.10	0.07
200	0.71	0.17	0.27	0.25	0.10	0.02	0.05	0.24	0.17	0.22
240	0.86	0.29	0.34	0.32	0.15	0.12	0.15	0.42	0.32	0.32
260	0.93	0.34	0.42	0.37	0.20	0.10	0.17	0.42	0.34	0.44



Tablica 3.4. Szerokości rozwarcia rys

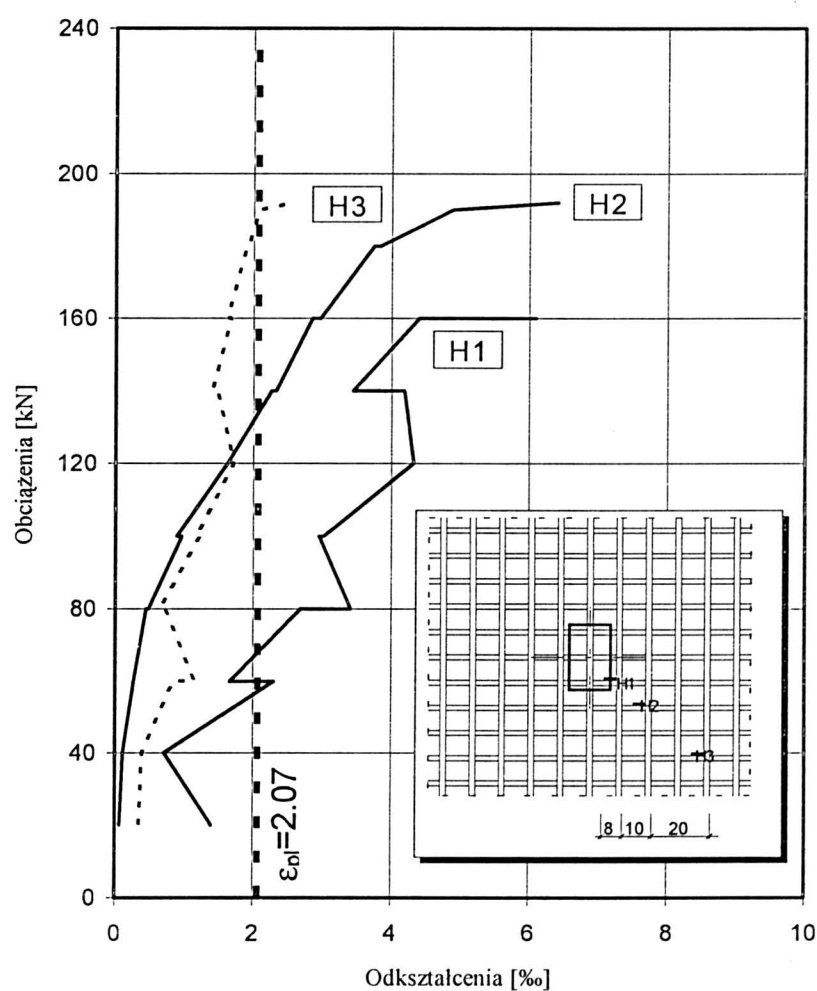
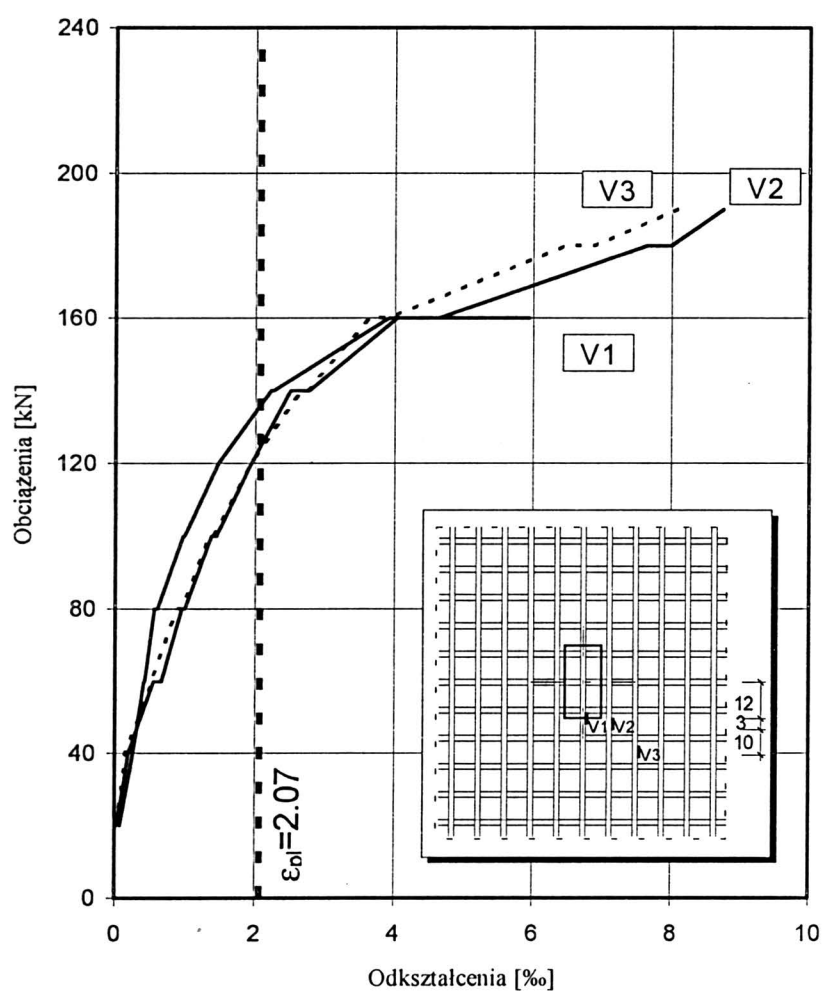
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy												
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{\dot{V} / V_u^{\text{exp.}}}$												
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	250	260	270
	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64	0.71	0.79	0.86	0.89	0.93	0.96
1	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.65	1.00	1.20	1.50	1.30	1.50
2	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.30	0.45	0.65	0.80	1.00	1.20	1.50	1.70
3	0.05	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.70	0.90	1.30	1.60	1.70	2.00
4	-	-	0.10	0.12	0.20	0.20	0.30	0.30	0.40	0.50	0.80	1.00	1.00
5	-	-	-	-	0.20	0.20	0.25	0.30	0.40	0.70	0.70	1.00	1.15



Tablica 4.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	
20	0.09	0.080	16	0.030	6	0.035	7	1.400	280	0.070	14	0.345	69	
40	0.18	0.265	53	0.195	39	0.150	30	0.715	143	0.110	22	0.390	78	
60	0.27	p	0.415	83	0.555	111	0.535	107	2.305		0.270	54	0.840	168
		k	0.425	85	0.665	133	0.520	104	1.670		0.270	54	1.155	231
80	0.36	p	0.570	114	0.955	191	0.890	178	2.690		0.450	90	0.725	145
		k	0.610	122	1.000	200	0.960	192	3.415		0.485	97	0.655	131
100	0.45	p	0.975	195	1.375	275	1.345	269	2.960		0.970	194	1.220	244
		k	0.990	198	1.445	291	1.400	280	3.025		0.895	179	1.174	235
120	0.55	1.475	295	1.950		1.945		4.235		1.635	327	1.720	344	
140	0.64	p	2.230		2.505		2.655		4.185		2.270		1.480	296
		k	2.265		2.770		2.745		3.450		2.335		1.405	281
160	0.73	p	3.925		4.040		3.640		4.405		2.860		1.680	336
		k	5.935		4.640		3.915		6.095		2.975		1.620	324
180	0.82	p			7.645		6.475				3.750		1.905	
		k			7.995		6.880				3.845		1.925	
190	0.86			8.745		8.095				4.888		2.085		
192	0.87									6.410		2.580		

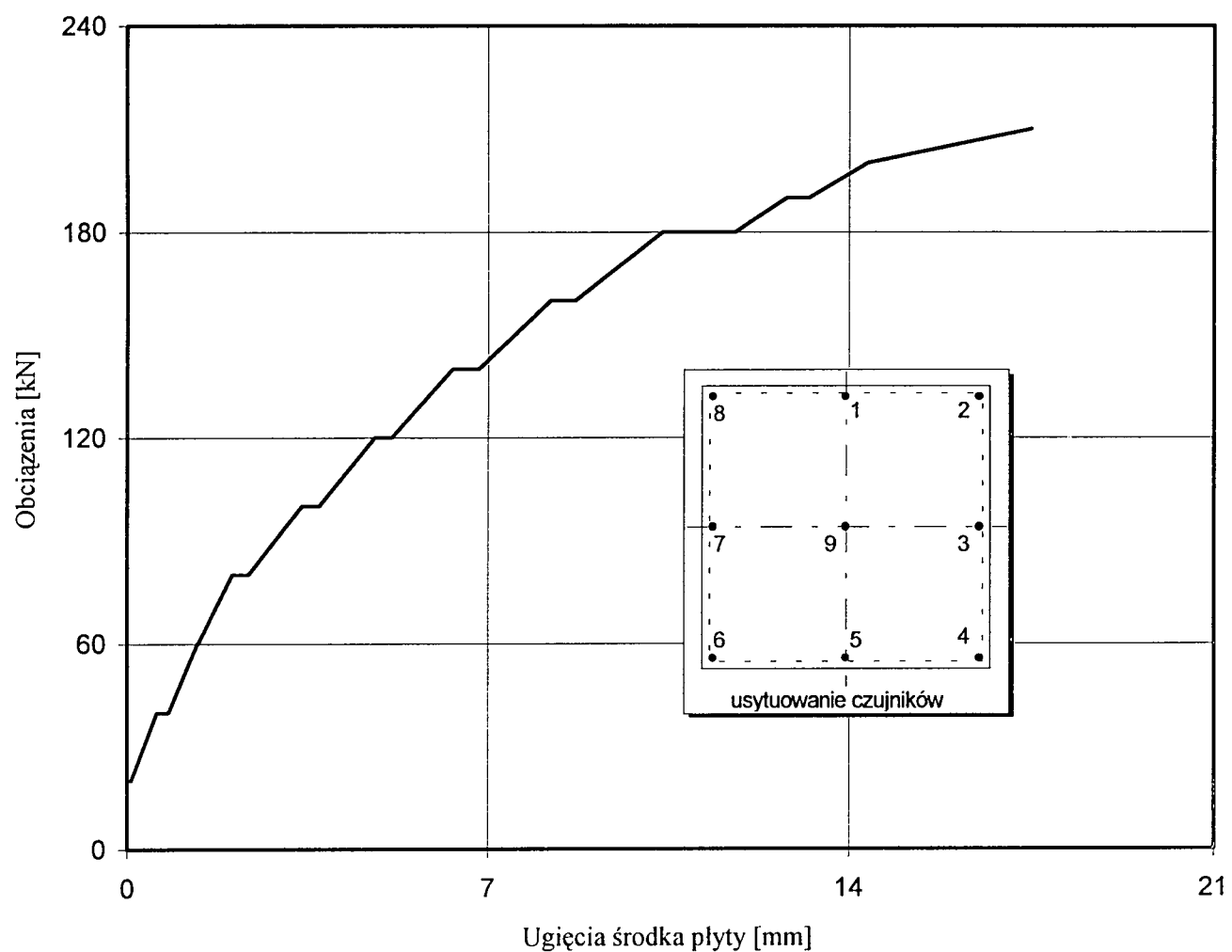
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 4.2. Przemieszczenia płyty

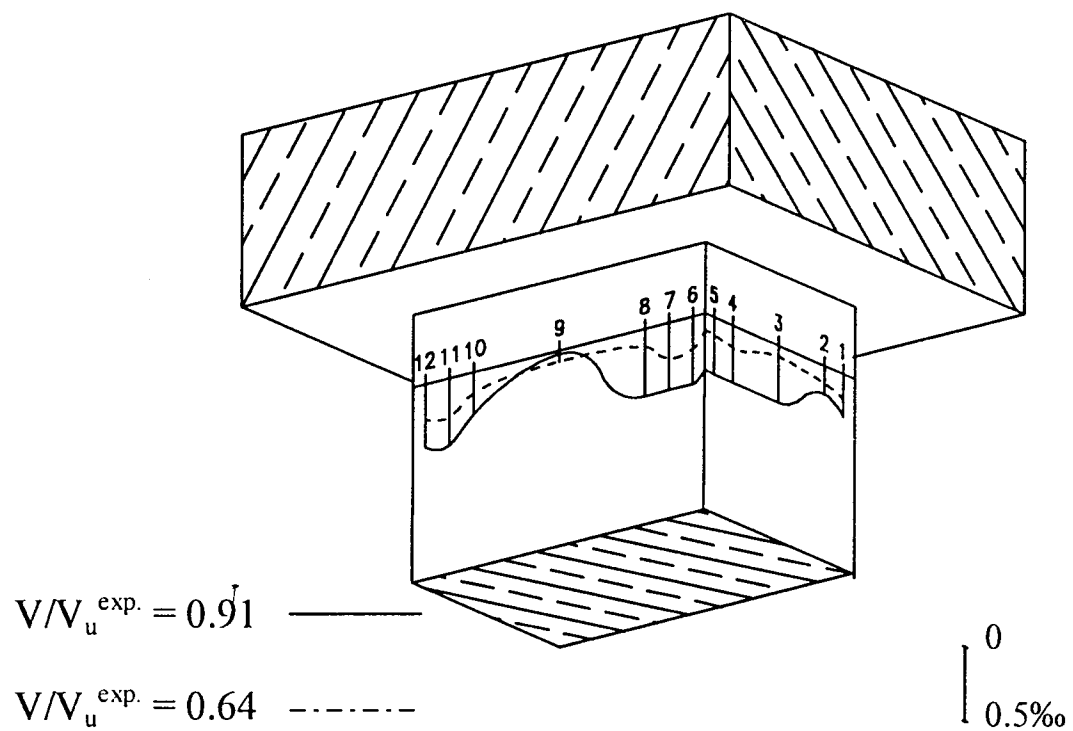
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]											[mm]	[mm]	
20	0.09	0.79	0.83	1.04	0.97	0.67	0.19	0.36	0.41	0.08	0.72	0.08	
40	0.18	p	2.25	1.56	2.05	1.65	1.31	0.25	1.28	1.60	2.30	1.72	0.58
		k	2.39	1.54	2.09	1.68	1.36	0.26	1.36	1.71	2.60	1.80	0.80
60	0.27	p	3.50	1.77	2.56	1.81	1.72	0.31	2.36	2.96	3.90	2.54	1.36
		k	3.64	1.70	2.59	1.82	1.78	0.31	2.48	3.07	4.00	2.62	1.38
80	0.36	p	4.37	1.77	2.98	1.88	2.08	0.29	3.19	3.76	5.20	3.16	2.04
		k	4.49	1.70	3.03	1.91	2.14	0.28	3.33	3.84	5.60	3.25	2.35
100	0.45	p	5.10	1.76	3.41	1.94	2.45	0.15	3.86	4.22	7.10	3.71	3.39
		k	5.20	1.75	3.48	1.97	2.51	0.13	3.94	4.26	7.50	3.78	3.72
120	0.54	p	5.78	1.81	3.85	1.97	2.83	0.03	4.42	4.42	9.00	4.20	4.80
		k	5.80	1.81	3.92	1.99	2.90	0.02	4.48	4.46	9.40	4.28	5.12
140	0.64	p	6.25	1.84	4.28	1.98	3.24	0.00	4.99	4.54	11.00	4.69	6.31
		k	6.38	1.82	4.39	1.99	3.33	-0.03	5.07	4.56	11.60	4.79	6.81
160	0.73	p	8.83	1.91	4.79	1.92	3.62	-0.16	5.52	4.57	13.40	5.19	8.21
		k	6.95	1.91	4.88	1.91	3.71	-0.19	5.61	4.57	14.00	5.31	8.69
180	0.82	p	7.47	1.90	5.38	1.72	4.08	-0.42	6.14	4.38	16.00	5.77	10.39
		k	7.64	1.86	5.51	1.67	4.19	-0.48	6.27	4.34	17.70	5.90	11.80
190	0.86	p	7.87	1.84	5.72	1.56	4.34	-0.58	6.49	4.24	18.90	6.11	12.79
		k	7.96	1.83	5.79	1.52	4.40	-0.61	6.55	4.20	19.40	6.18	13.22
200	0.91	8.22	1.79	6.04	1.38	4.59	-0.72	6.85	4.08	20.80	6.44	14.36	
210	0.95	8.44	1.62	6.48	1.02	4.96	-1.07	7.29	3.62	24.30	6.80	17.50	

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



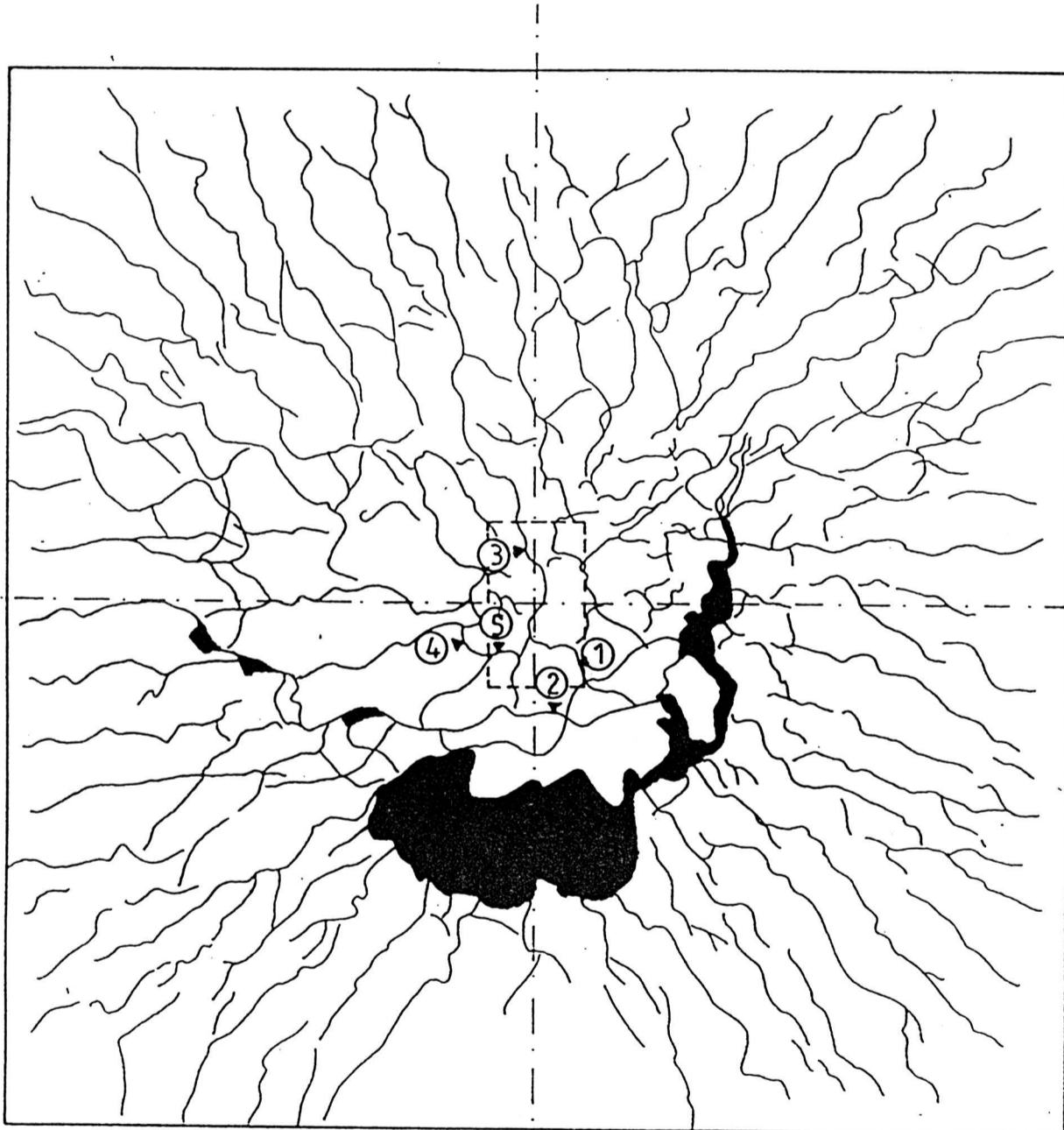
Tablica 4.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
20	0.09	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00		
40	0.18	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00		
60	0.27	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.10	0.00		
80	0.36	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.00	0.10	0.10	0.02		
		0.12	0.07	0.02	0.02	0.00	0.05	0.07	0.07	0.07	0.00	0.17	0.15	0.10	
100	0.45	0.15	0.07	0.05	0.05	0.02	0.05	0.10	0.07	0.02	0.17	0.17	0.10		
		0.15	0.10	0.05	0.07	0.05	0.07	0.12	0.07	0.07	0.07	0.17	0.20	0.15	
120	0.54	0.17	0.12	0.07	0.10	0.07	0.15	0.15	0.10	0.05	0.22	0.25	0.20		
140	0.64	0.17	0.12	0.07	0.15	0.12	0.22	0.25	0.12	0.07	0.15	0.27	0.25		
160	0.73	0.20	0.20	0.12	0.22	0.22	0.27	0.27	0.17	0.05	0.20	0.34	0.35		
180	0.82	0.27	0.25	0.15	0.29	0.29	0.34	0.34	0.20	0.02	0.29	0.39	0.42		
190	0.86	0.30	0.27	0.17	0.38	0.34	0.42	0.37	0.20	0.02	0.29	0.44	0.42		
200	0.91	0.30	0.20	0.39	0.39	0.39	0.47	0.47	0.47	0.02	0.29	0.47	0.44		



Tablica 4.4. Szerokości rozwarcia rys

Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V [kN]}{V / V_u^{exp.}}$									
	40	60	80	100	120	140	160	180	190	200
	0.18	0.27	0.36	0.45	0.55	0.64	0.73	0.82	0.86	0.91
1	0.02	0.07	0.15	0.20	0.30	0.45	0.60	0.90	0.95	1.20
2	0.07	0.10	0.15	0.15	0.25	0.30	0.45	0.80	1.00	1.00
3	0.05	0.10	0.18	0.20	0.25	0.30	0.40	0.65	0.65	0.80
4	-	0.10	0.20	0.25	0.35	0.50	0.70	1.00	1.20	1.30
5	-	-	0.20	0.30	0.35	0.50	0.65	1.10	1.10	1.30

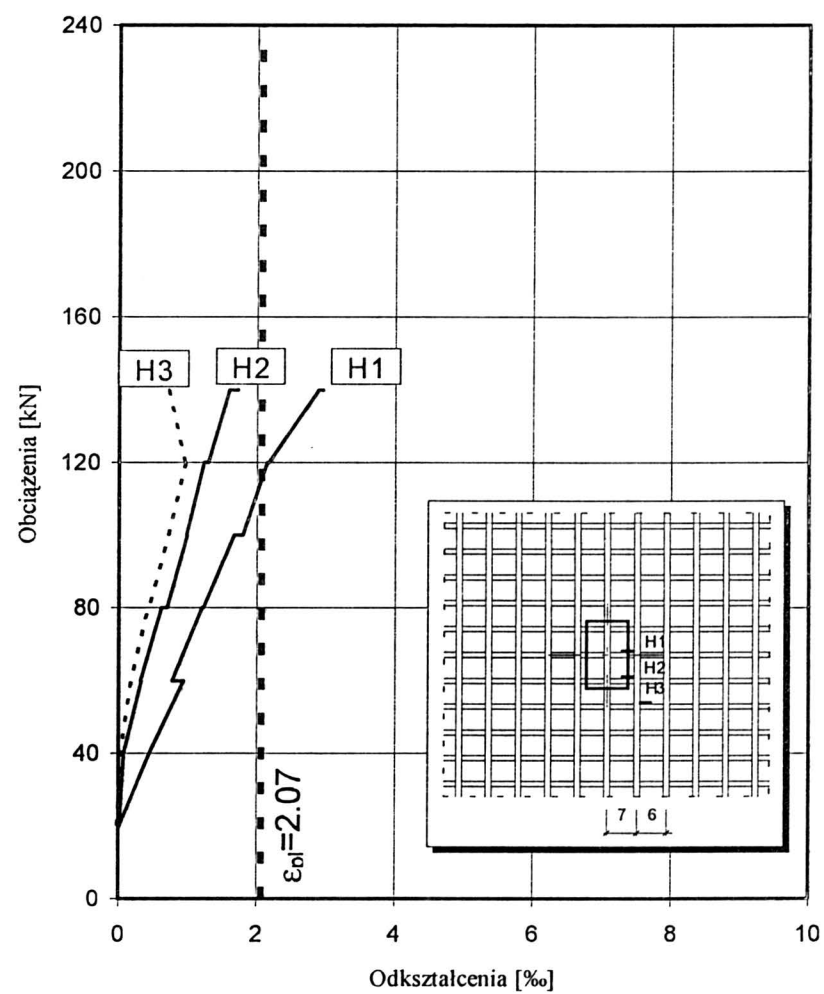
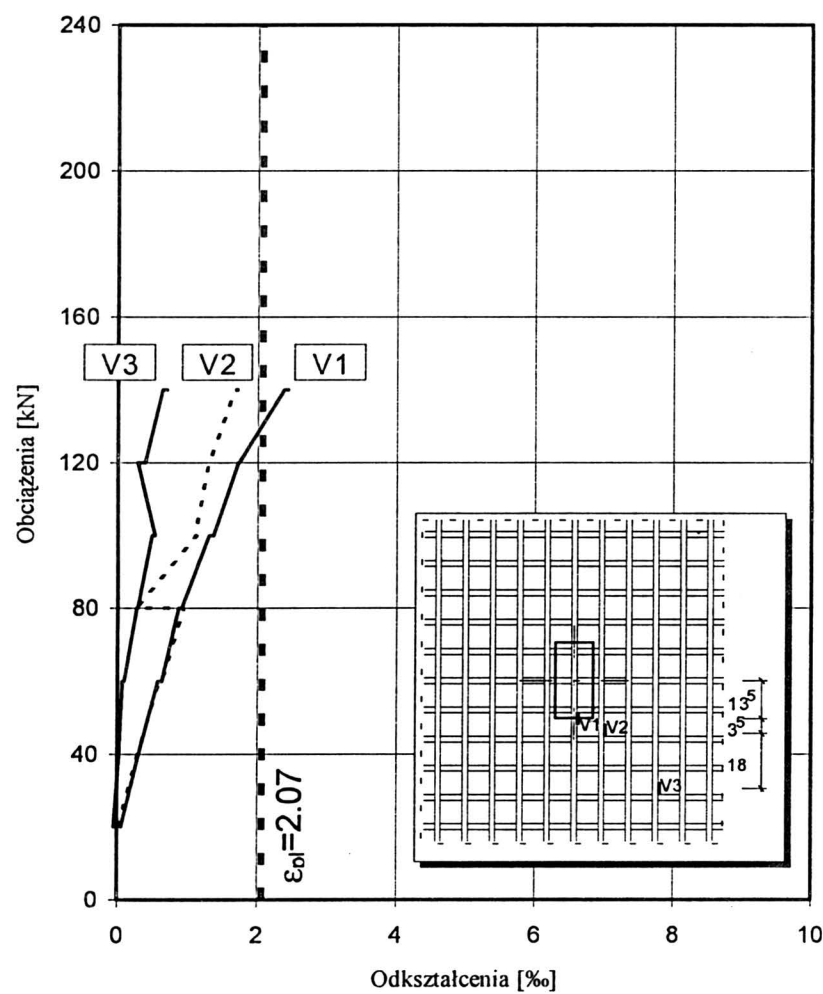


Tablica 5.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		[kN]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]
20	0.09		0.060	12	0.015	3	-0.045	-	0.015	3	0.020	4	-0.020	-
40	0.19		0.305	61	0.290	58	0.025	5	0.450	90	0.080	16	0.025	5
60	0.28	p	0.580	116	0.600	120	0.070	14	0.940	188	0.330	66	0.180	36
		k	0.630	126	0.645	129	0.095	19	0.775	155	0.315	63	0.180	36
80	0.37	p	0.875	175	0.950	190	0.275	55	1.210	242	0.620	124	0.425	85
		k	0.920	184	0.270	54	0.285	57	1.225	245	0.700	140	0.440	88
100	0.47	p	1.310	262	1.125	225	0.490	98	1.675	335	0.995	199	0.720	144
		k	1.370	274	1.105	221	0.535	107	1.795	351	0.980	196	0.720	144
120	0.56	p	1.720	344	1.300	260	0.285	57	2.155		1.230	246	0.970	194
		k	1.740	348	1.305	261	0.395	79	2.175		1.295	251	0.960	192
140	0.65	p	2.380		1.675	335	0.635	127	2.895		1.600	320	0.720	144
		k	2.440		1.720	344	0.700	140	2.960		1.720	344	0.700	140

p - początek cyklu

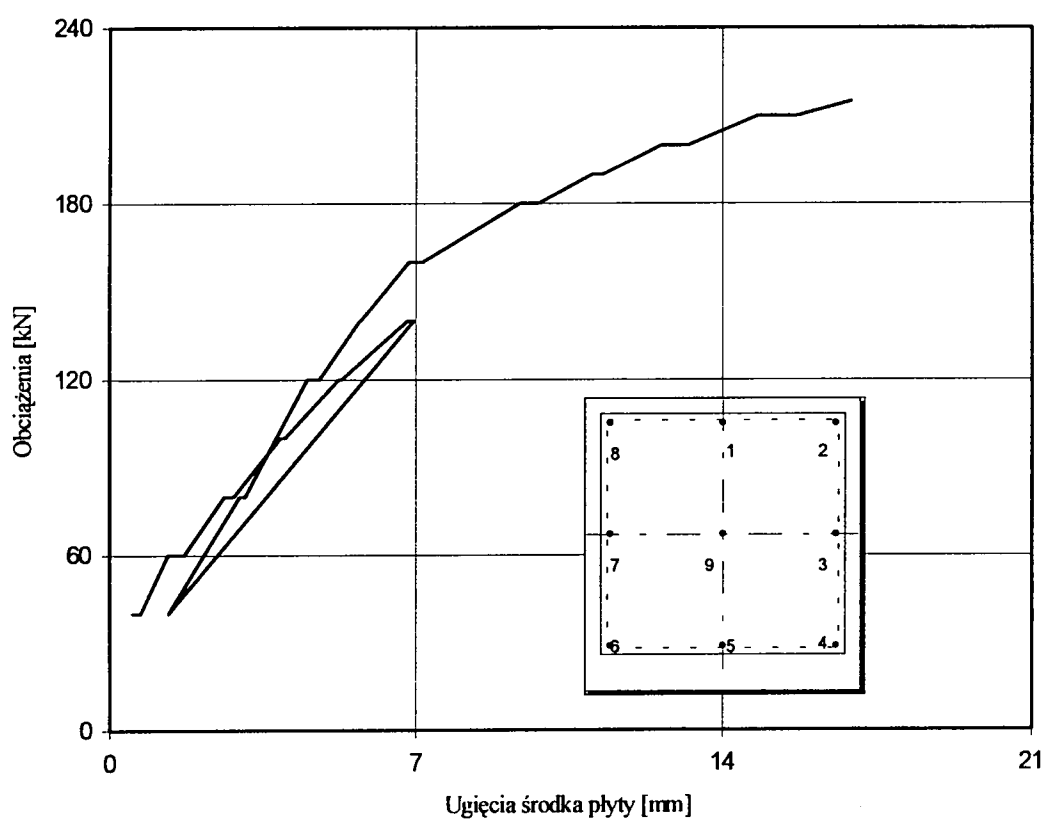
k - koniec cyklu



Tablica 5.2. Przemieszczenia płyty

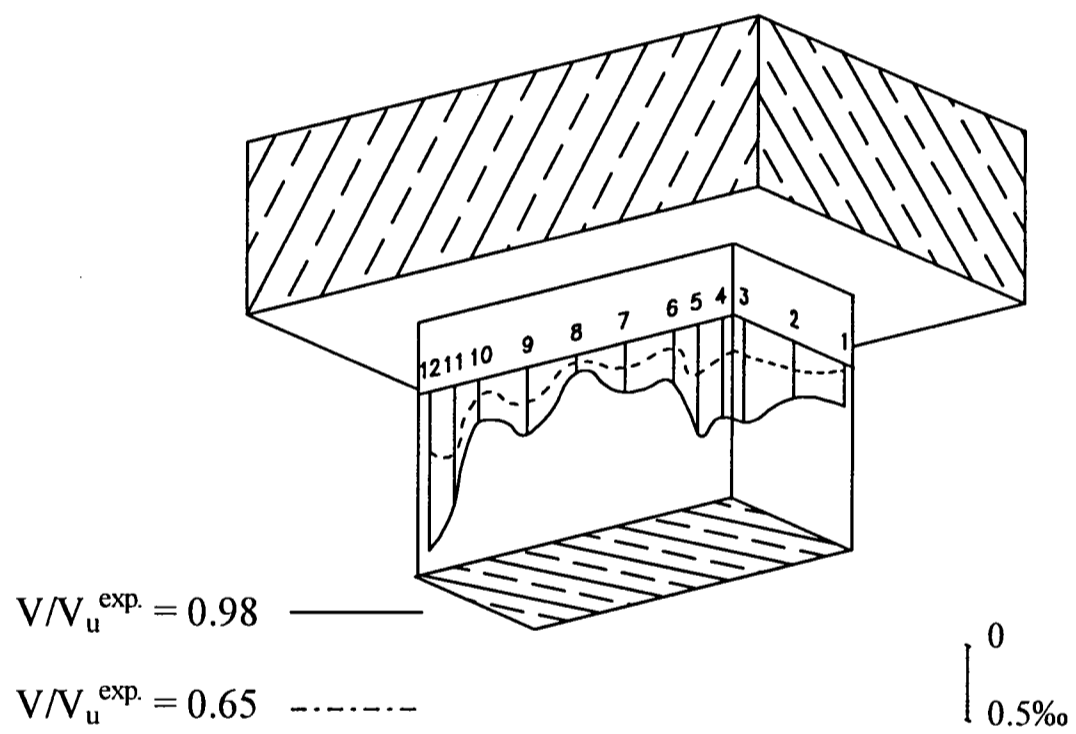
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]													
40	0.19	3.48	-	2.17	-	0.87	-	2.55	-	2.80	2.26	0.53	
	p	3.50	-	2.17	-	0.89	-	2.58	-	3.00	2.28	0.71	
	k	4.50	-	2.96	-	1.35	-	3.46	-	4.40	3.06	1.33	
60	0.28	4.69	-	3.06	-	1.44	-	3.59	-	4.90	3.19	1.70	
	p	5.65	-	3.65	-	1.80	-	4.40	-	6.50	3.87	2.62	
	k	5.79	-	3.72	-	1.85	-	4.50	-	6.80	3.96	2.83	
80	0.37	6.80	-	4.37	-	2.23	-	5.36	-	8.60	4.69	3.91	
	p	6.96	-	4.45	-	2.34	-	5.43	-	8.80	4.79	4.00	
	k	7.60	-	4.90	-	2.59	-	5.96	-	10.50	5.26	5.23	
100	0.47	7.66	-	4.93	-	2.61	-	5.99	-	10.60	5.29	5.30	
	p	8.29	-	5.46	-	2.90	-	6.53	-	12.60	5.79	6.80	
	k	8.36	-	5.49	-	2.95	-	6.57	-	12.80	5.84	6.95	
Obciążenie wtórne													
40	0.19	2.79	1.56	1.79	0.07	0.61	0.08	2.23	2.87	3.20	1.85	1.34	
80	0.37	4.26	2.21	2.87	0.20	1.21	0.05	3.37	3.82	5.90	2.92	2.97	
	p	4.26	2.21	2.89	0.23	1.24	0.04	3.40	3.82	6.05	2.94	3.10	
	k	5.38	2.60	3.68	0.20	1.70	0.14	4.34	4.46	8.30	3.77	4.52	
120	0.56	5.41	2.63	3.72	0.20	1.71	0.15	4.36	4.47	8.60	3.80	4.80	
	p	5.95	2.73	4.07	0.13	1.93	0.21	4.80	4.70	9.90	4.18	5.71	
	k	5.96	2.73	4.09	0.13	1.95	0.21	4.85	4.71	9.95	4.21	5.73	
140	0.65	6.51	2.83	4.45	0.07	2.19	0.31	5.30	4.89	11.45	4.61	6.83	
	p	6.56	2.82	4.51	0.01	2.23	0.33	5.34	4.87	11.80	4.66	7.14	
	k	7.17	2.81	5.01	0.32	2.59	0.54	5.92	4.81	14.55	5.17	9.37	
160	0.74	7.29	2.79	5.09	0.35	2.65	0.59	5.97	4.82	15.05	5.25	9.80	
	p	7.57	2.77	5.33	0.49	2.81	0.74	6.23	4.76	16.50	5.48	11.01	
	k	7.62	2.74	5.39	0.51	2.86	0.76	6.26	4.72	16.80	5.53	11.26	
180	0.84	7.87	2.67	5.68	0.70	3.08	0.87	6.57	4.59	18.40	5.80	12.60	
	p	7.94	2.64	5.75	0.75	3.13	0.88	6.60	4.52	19.05	5.85	13.19	
	k	8.42	2.52	6.07	1.00	3.37	1.21	6.94	4.36	21.00	6.20	14.80	
190	0.88	8.54	2.44	6.19	1.07	3.45	1.25	7.02	4.28	22.00	6.30	15.70	
	p	8.54	2.44	6.19	1.07	3.45	1.25	7.02	4.28	22.00	6.30	15.70	
	k	8.74	2.34	6.36	1.24	3.60	1.41	7.22	4.15	23.40	6.48	16.92	
200	0.93												
	p												
	k												
210	0.98												
	p												
	k												
215	1.00												
	p												
	k												

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



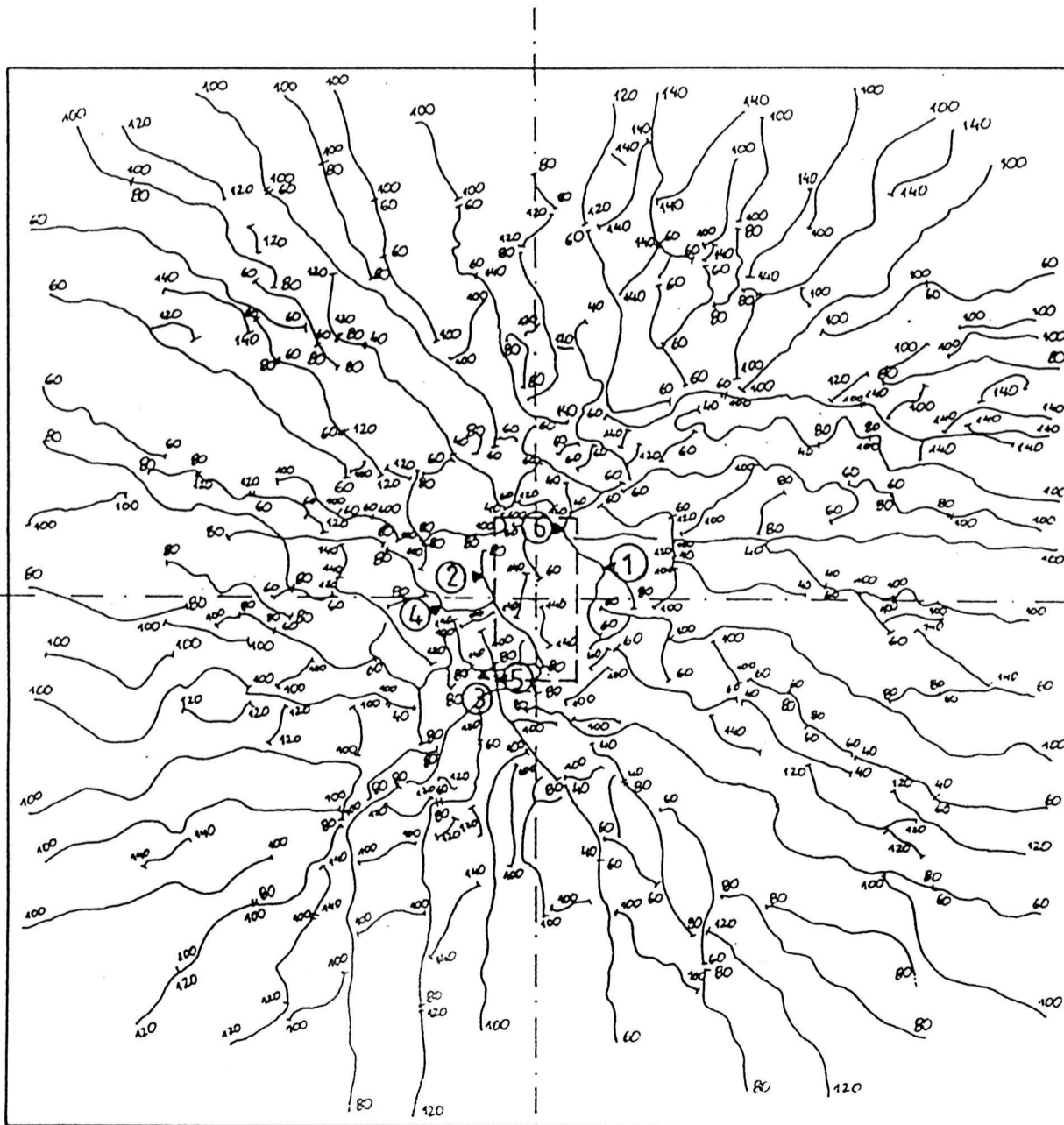
Tablica 5.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
40	0.19	0.00	0.03	0.05	0.07	0.10	0.02	0.12	0.05	0.10	0.05	0.22	0.10		
80	0.37	0.05	0.12	0.07	0.15	0.20	0.07	0.12	0.07	0.10	0.07	0.32	0.22		
120	0.56	0.05	0.15	0.20	0.20	0.29	0.10	0.12	0.03	0.10	0.07	0.39	0.34		
140	0.65	0.05	0.20	0.25	0.27	0.34	0.12	0.17	0.05	0.25	0.12	0.47	0.42		
160	0.74	0.10	0.22	0.34	0.37	0.44	0.20	0.22	0.07	0.22	0.15	0.54	0.56		
180	0.84	0.12	0.27	0.47	0.47	0.52	0.22	0.27	0.07	0.22	0.22	0.66	0.74		
190	0.88	0.20	0.32	0.52	0.52	0.61	0.25	0.27	0.07	0.25	0.22	0.66	0.81		
200	0.93	0.25	0.34	0.61	0.61	0.66	0.32	0.29	0.15	0.37	0.27	0.81	0.96		
210	0.98	0.30	0.39	0.71	0.69	0.76	0.37	0.34	0.12	0.47	0.29	0.83	1.10		



Tablica 5.4. Szerokości rozwarcia rys

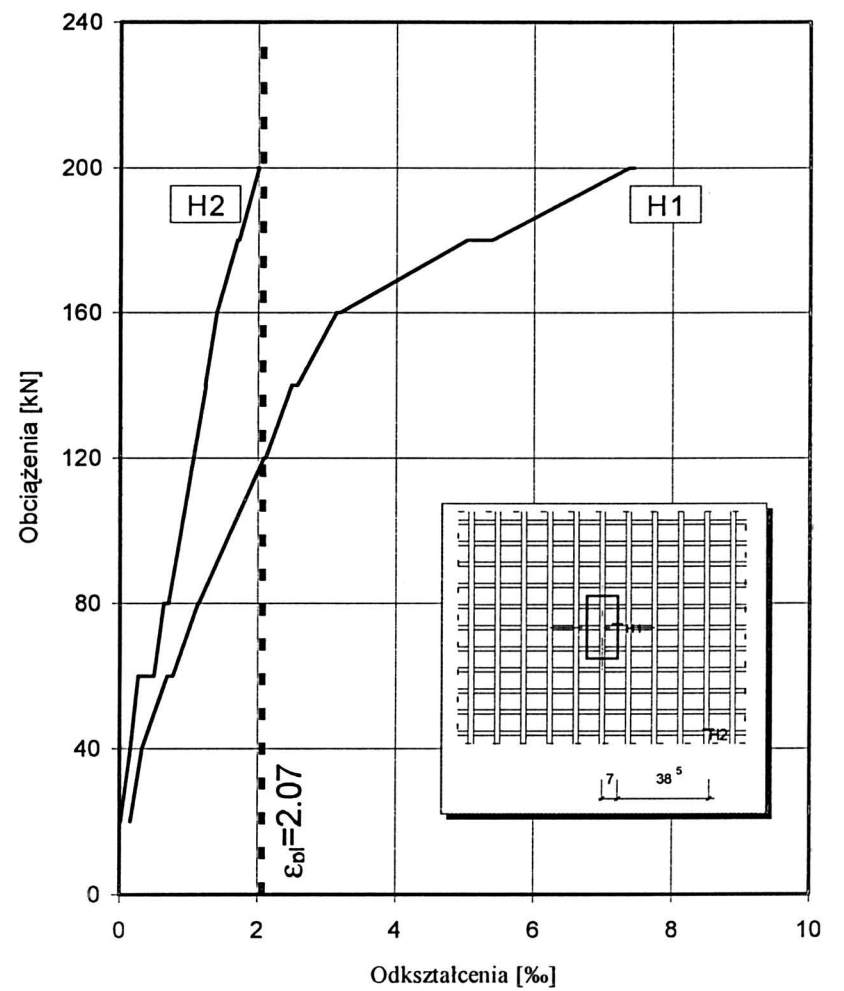
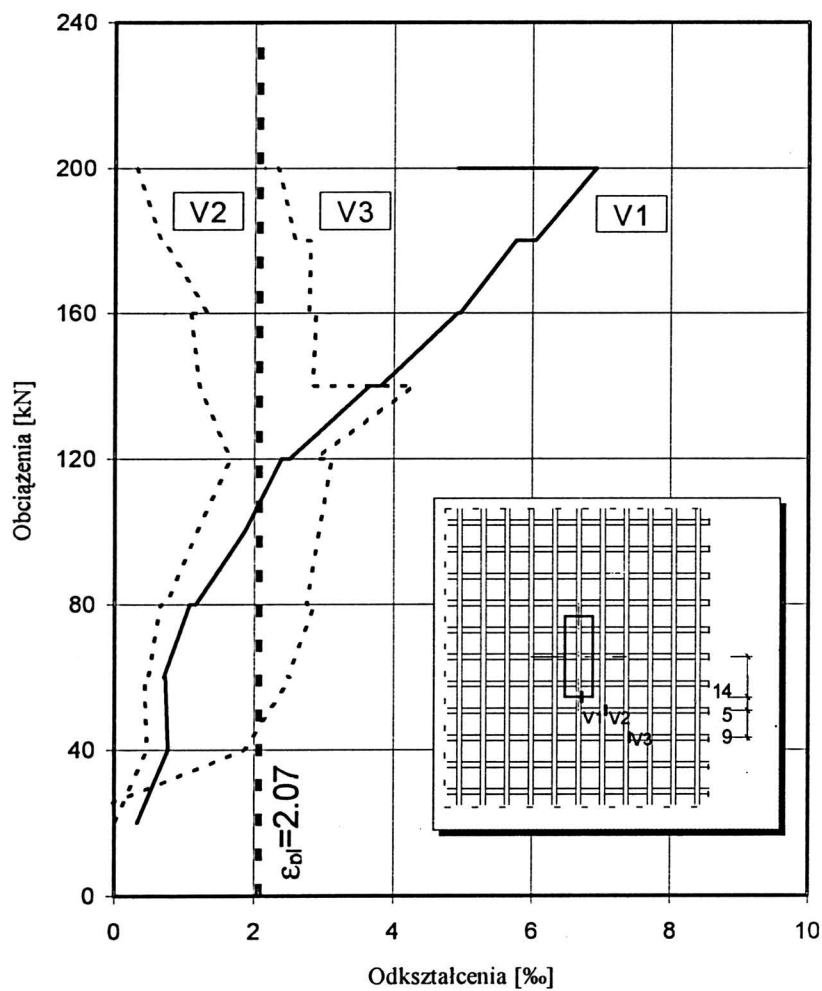
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V [kN]}{V / V_u^{exp.}}$									
	40	60	80	100	120	140	-			
	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65				
1	0.05	0.09	0.17	0.24	0.25	0.22				
2	0.05	0.09	0.16	0.22	0.26	0.40				
3	0.06	0.10	0.15	0.20	0.22	0.35				
4	-	-	0.14	0.20	0.24	0.30				
5	-	-	0.16	0.28	0.35	0.50				
6	-	-	-	-	-	0.45				
Miejsce pomiaru	Obciążenie wtórne									
	0	40	80	120	140	160	180	190	200	
	0.00	0.19	0.37	0.56	0.65	0.74	0.84	0.88	0.93	
1	0.07	0.09	0.10	0.12	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	
2	0.12	0.16	0.20	0.40	0.45	0.60	1.00	1.15	1.30	
3	0.12	0.16	0.18	0.35	0.43	0.45	0.68	0.65	0.80	
4	0.10	0.10	0.22	0.25	0.38	0.35	0.45	0.50	0.50	
5	0.10	0.25	0.35	0.56	0.60	0.80	1.25	1.45	1.70	
6	0.15	0.15	0.35	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	



Tablica 6.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3	
		ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]
20	0.10	0.330	66	0.010	2	-0.740		0.160	32	0.020	4		
40	0.19	0.770	154	0.470	94	1.870		0.320	64	0.160	32		
60	0.29	p	0.730	146	0.430	86	2.520	0.690	138	0.270	54		
		k	0.710	142	0.490	98	2.480	0.770	154	0.500	100		
80	0.38	p	1.080	216	0.660	132	2.870	1.140	228	0.640	128		
		k	1.170	234	0.740	148	2.750	1.150	230	0.710	142		
100	0.48	1.860		1.180	236	2.930	1.610	322	0.890	178			
120	0.57	p	2.390		1.660	332	3.110	2.090		1.070	214		
		k	2.510		1.660	332	2.870	2.110	-	-			
140	0.67	p	3.660		1.210	242	4.290	2.490		1.250	250		
		k	3.810		1.210	242	2.840	2.570		1.230	246		
160	0.76	p	4.920		1.090	218	2.880	3.140		1.400	280		
		k	4.960		1.320	264	2.780	3.190		1.400	280		
180	0.86	p	5.760		0.700	140	2.800	5.030		1.700	340		
		k	6.040		0.660	132	2.580	5.390		1.720	344		
200	0.95	p	6.920		0.310	62	2.340	7.370		2.010			
		k	4.920		0.390	78	2.140	7.440		1.990			

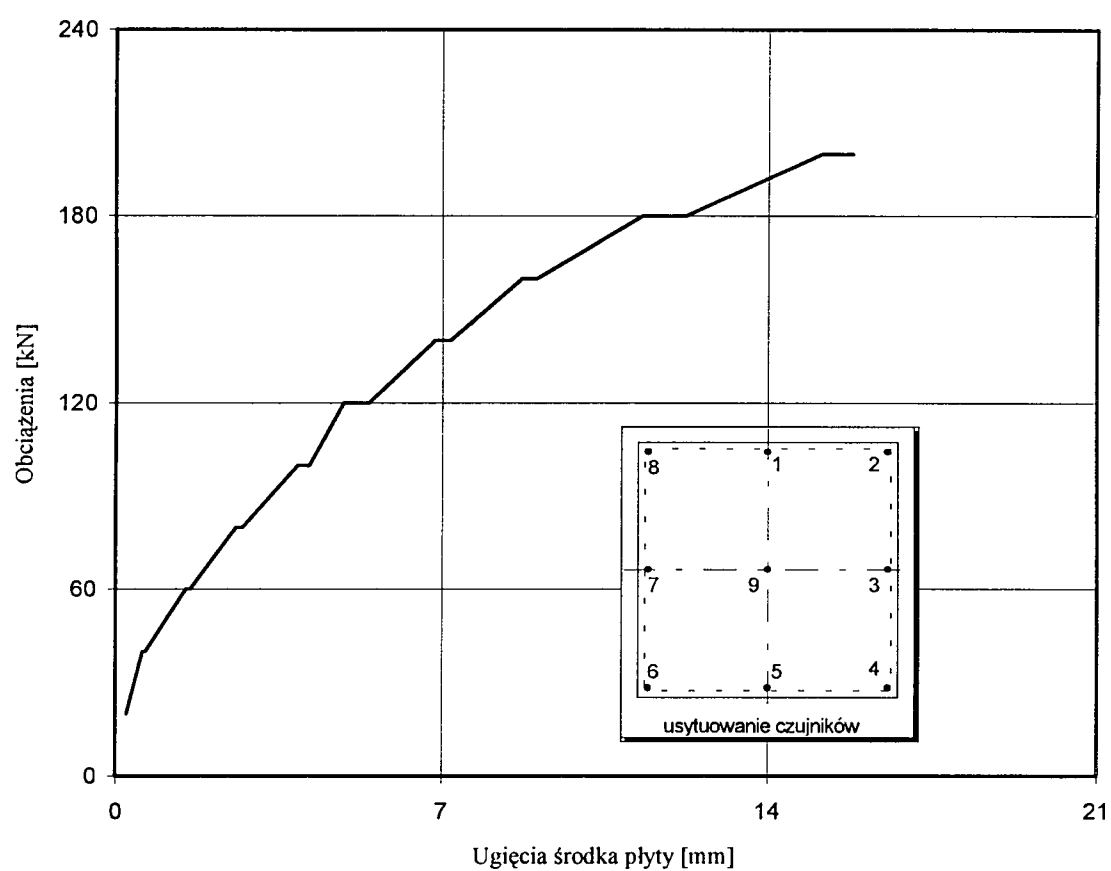
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 6.2. Przemieszczenia płyty

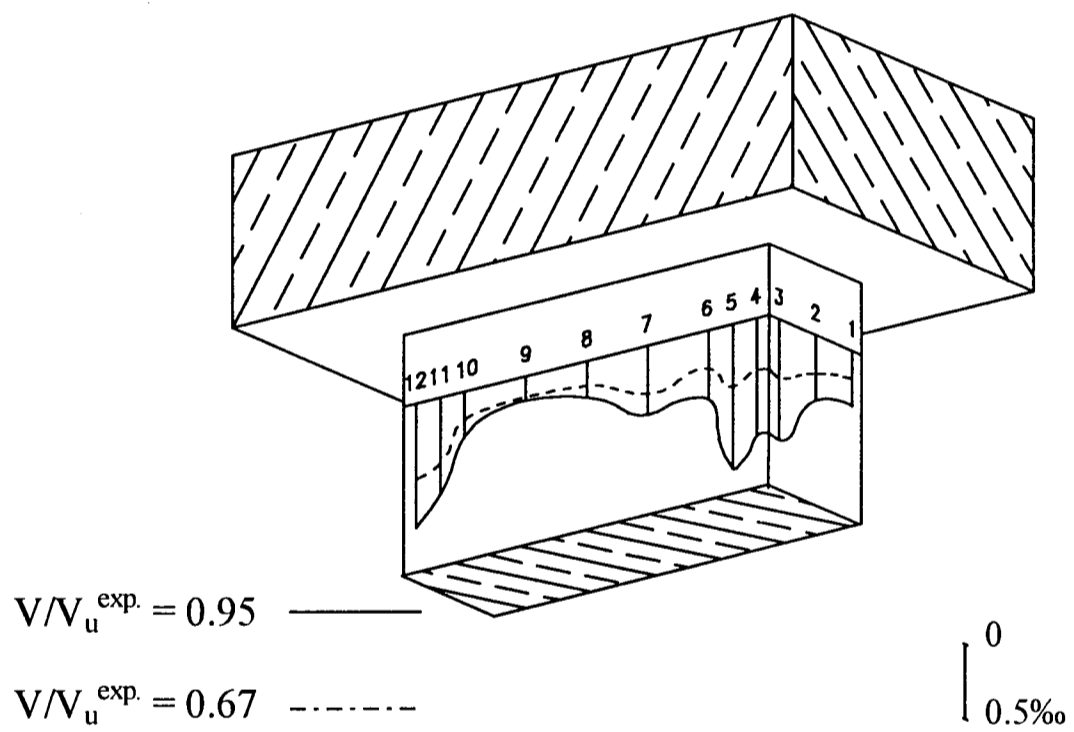
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
20	0.09 p	0.88	0.83	0.80	0.38	0.16	-0.08	0.44	0.80	0.80	0.57	0.23
		0.87	0.82	0.80	0.38	0.16	-0.09	0.44	0.79	0.08		
40	0.19 p	1.84	1.75	2.23	1.17	0.54	-0.22	1.09	1.54	2.00	1.42	0.58
		1.87	1.75	2.29	1.21	0.56	-0.22	1.10	1.55	2.10		
60	0.27 p	2.85	2.46	3.77	1.82	0.92	-0.49	2.03	2.58	3.90	2.39	1.51
		2.96	2.33	3.88	1.84	1.04	-0.52	2.14	2.70	4.10		
80	0.38 p	3.93	2.57	4.65	1.92	1.26	-0.72	3.04	3.84	5.80	3.22	2.58
		3.98	2.49	4.69	1.91	1.31	-0.77	3.14	3.94	6.00		
100	0.48 p	4.78	2.65	5.30	1.84	1.57	-0.96	3.95	4.78	7.80	3.90	3.90
		4.87	2.57	5.36	1.82	1.60	-1.01	4.02	4.84	8.10		
120	0.57 p	5.25	2.54	5.76	1.73	1.82	-1.20	4.43	4.64	9.20	4.32	4.88
		5.29	2.45	5.82	1.71	1.89	-1.25	4.50	4.60	9.80		
140	0.67 p	5.85	2.51	6.31	1.57	2.15	-1.40	5.09	4.31	11.70	4.85	6.85
		5.94	2.45	6.37	1.54	2.21	-1.44	5.18	4.27	12.10		
160	0.76 p	6.51	2.53	6.87	1.35	2.49	-1.62	5.69	3.96	14.10	5.39	8.71
		6.57	2.49	6.93	1.32	2.56	-1.62	5.78	3.93	14.50		
180	0.86 p	7.27	2.45	7.59	1.00	2.97	-2.01	6.44	3.51	18.00	6.07	11.30
		7.98	2.26	8.17	0.94	3.03	-2.10	6.55	3.55	18.40		
200	0.95 p	7.98	2.26	8.17	0.55	3.39	-2.19	7.08	3.23	21.80	6.66	15.14
		8.15	2.15	8.33	0.41	3.52	-2.19	7.21	3.15	22.60		

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



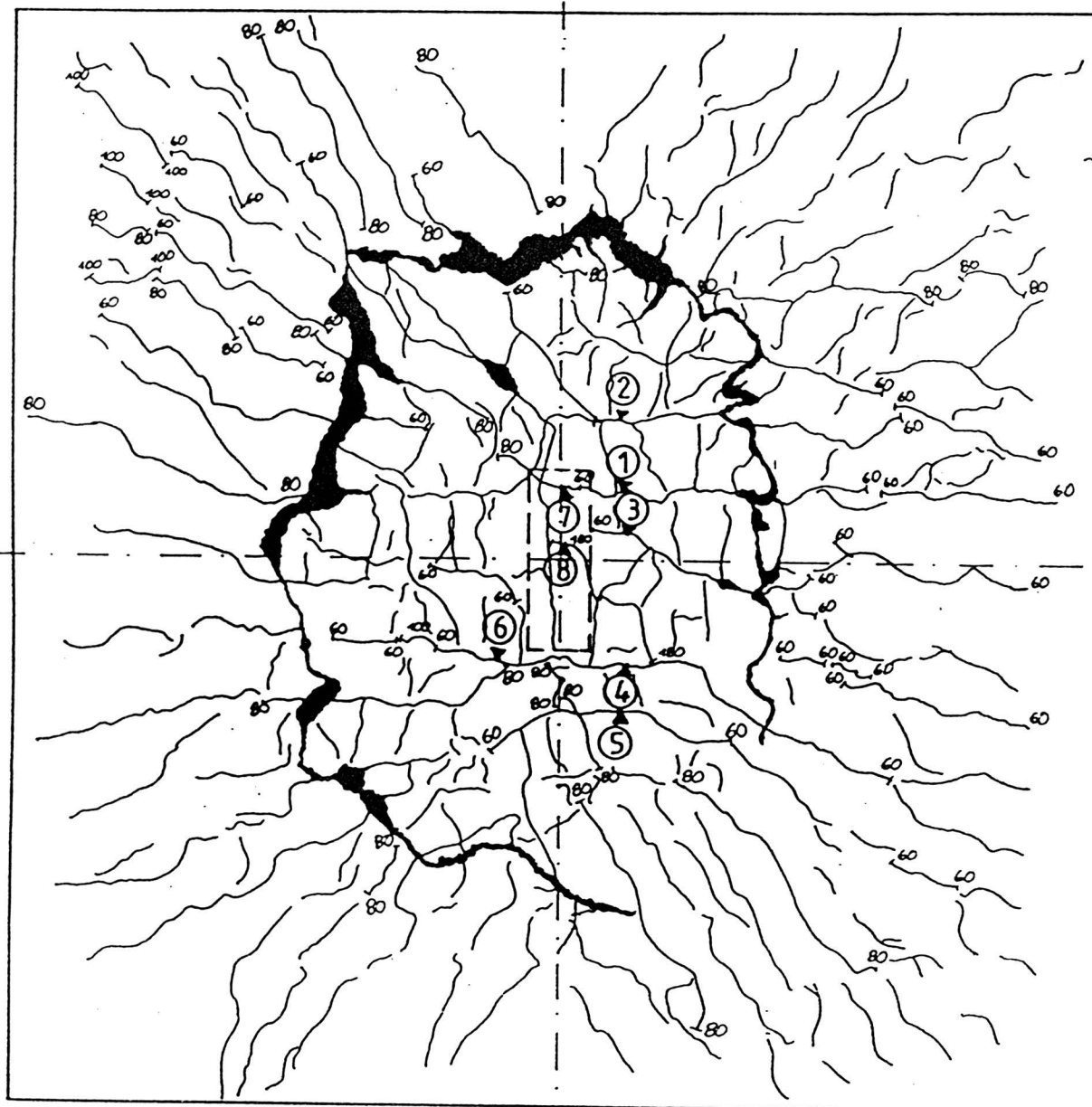
Tablica 6.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
20	0.09	0.02	0.14	0.02	0.05	0.14	0.05	0.07	0.02	0.02	0.02	0.00	0.05		
40	0.18	0.02	0.10	0.14	0.05	0.12	0.02	0.14	0.02	0.02	0.00	0.07	0.10		
60	0.27	0.07	0.12	0.14	0.02	0.10	0.05	0.19	0.02	0.02	0.05	0.17	0.29		
80	0.36	0.12	0.14	0.19	0.07	0.19	0.12	0.27	0.02	0.07	0.07	0.19	0.29		
100	0.45	0.14	0.17	0.24	0.22	0.29	0.17	0.29	0.05	0.12	0.12	0.29	0.36		
120	0.54	0.19	0.22	0.31	0.24	0.31	0.17	0.31	0.05	0.14	0.14	0.34	0.38		
140	0.64	0.19	0.26	0.41	0.36	0.43	0.26	0.34	-	0.14	0.19	0.46	0.53		
160	0.73	0.19	0.31	0.53	0.46	0.60	0.31	0.36	-	0.17	0.22	0.46	0.53		
180	0.82	0.29	0.34	0.67	0.62	0.79	0.43	0.43	-	0.17	0.26	0.58	0.70		
200	0.95	0.38	0.46	0.84	0.82	1.01	0.48	0.48	-	0.17	0.31	0.67	0.86		



Tablica 6.4. Szerokości rozwarcia rys

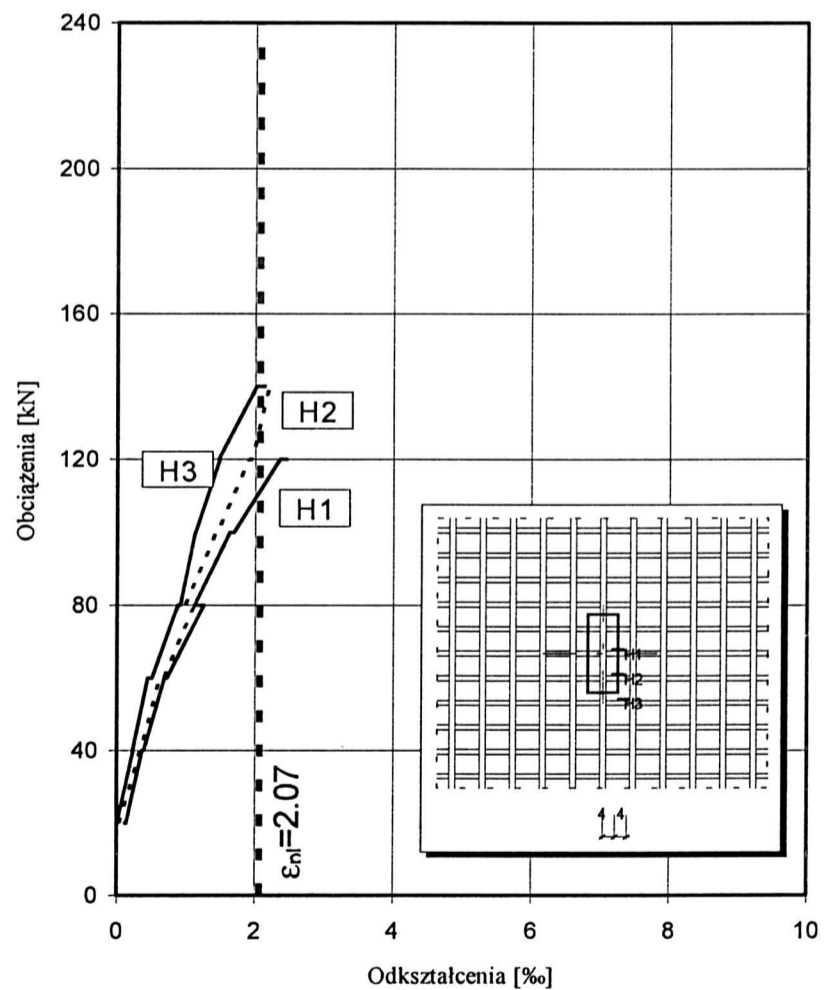
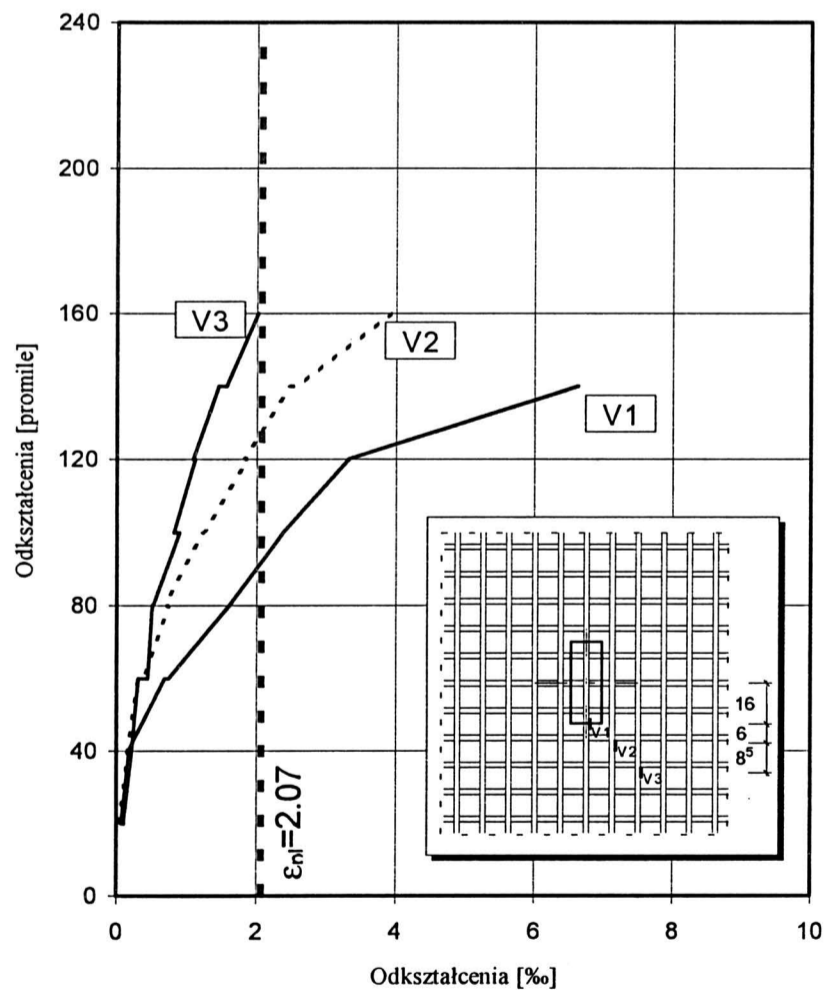
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V / V_u^{\text{exp.}}}$									
	60	80	120	160	180	200				
	0.29	0.38	0.57	0.76	0.86	0.95				
1	0.08	0.10	0.15	0.40	0.70	0.80				
2	0.05	0.08	0.15	0.40	0.50	0.60				
3	0.02	0.10	0.15	0.30	0.30	0.60				
4	0.02	0.10	0.20	0.30	0.70	0.80				
5	-	0.08	0.15	0.20	0.30	0.30				
6	-	-	0.30	0.60	1.00	1.10				
7	-	-	0.30	0.60	1.10	1.10				
8	-	-	-	-	1.10	1.40				



Tablica 7.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	
20	0.11	p	0.100	20	0.040	8	0.105	21	0.120	24	0.050	10	0.010	2
		k	0.070	14	0.040	8	0.100	20	0.135	27	0.040	8	0.005	1
40	0.23	p	0.180	36	0.160	32	0.215	43	0.370	74	0.335	67	0.235	47
		k	0.170	34	0.160	32	0.215	43	0.390	78	0.350	70	0.230	46
60	0.34	p	0.690	138	0.305	61	0.310	62	0.690	138	0.615	123	0.450	90
		k	0.750	150	0.390	78	0.450	90	0.725	145	0.680	136	0.510	102
80	0.45	p	1.610	322	0.750	150	0.510	114	1.260	252	1.120	224	0.880	176
		k	1.610	322	0.690	138	0.520	115	1.120	224	0.990	198	0.920	184
100	0.57	p	2.380		1.220	244	0.900	180	1.630	326	1.430	286	1.130	226
		k	2.380		1.250	250	0.820	164	1.690	338	1.450	290	1.140	228
120	0.68	p	3.330		1.870		1.120	224	2.360		1.910		1.490	298
		k	3.320		1.820		1.090	218	2.460		1.960		1.470	294
140	0.80	p	6.630		2.470		1.460	292			2.200		2.020	
		k			2.570		1.570	314			2.260		2.140	
160	0.91			3.940		2.020								

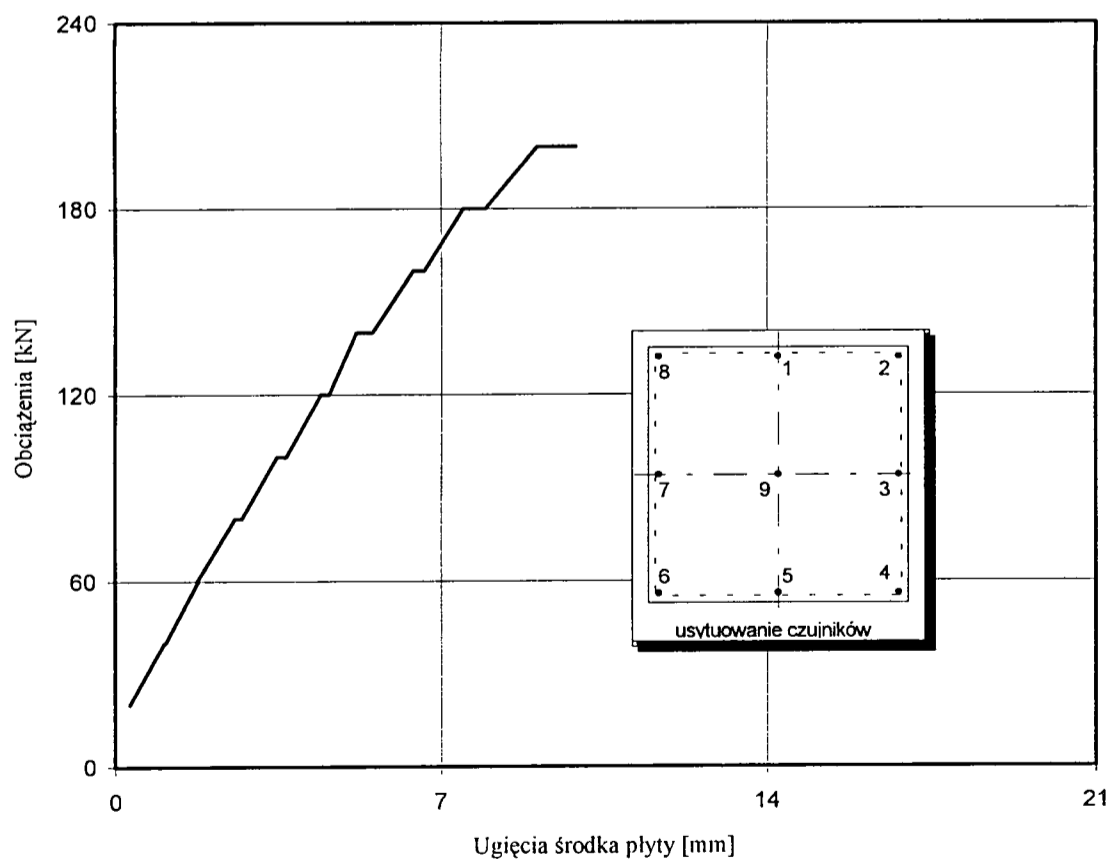
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 7.2. Przemieszczenia płyty

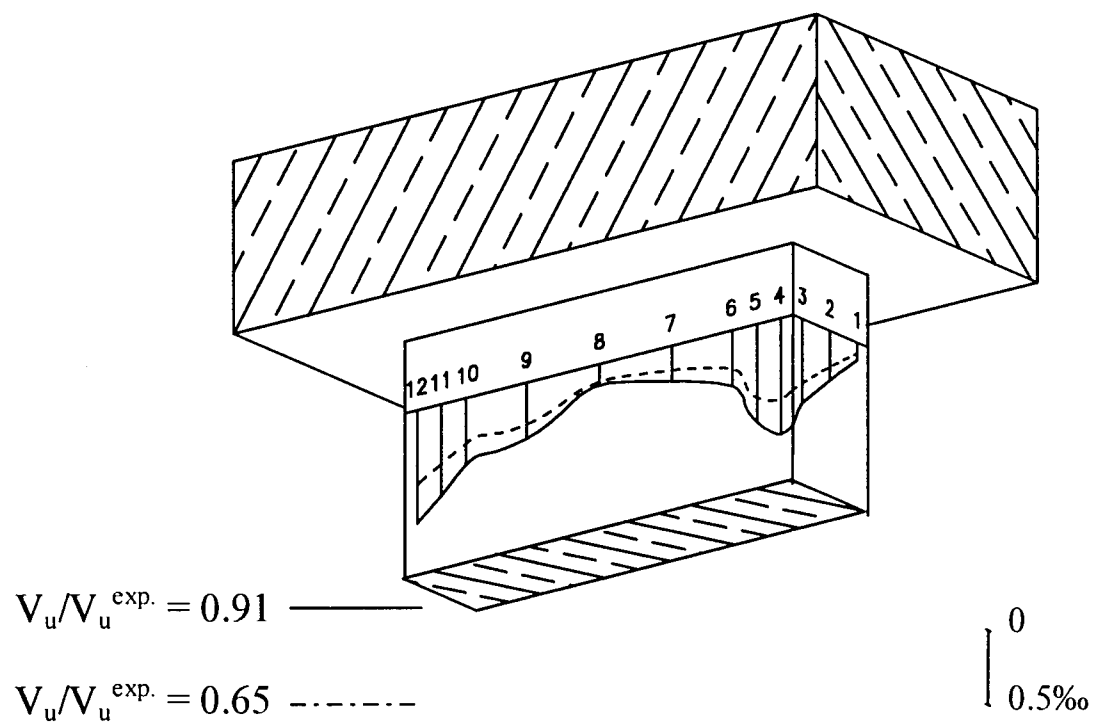
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]													
20	0.11 p k	1.54 1.52	0.99 0.96	0.59 0.57	0.00 0.00	0.20 0.20	0.11 0.11	0.89 0.89	1.68 1.67	1.00 1.00	0.80 0.80	0.20 0.20	
40	0.23 p k	2.80 2.80	1.53 1.47	1.32 1.28	0.42 0.42	0.72 0.74	0.23 0.23	1.72 1.74	2.91 2.92	2.30 2.40	1.64 1.64	0.66 0.76	
60	0.34 p k	4.04 4.05	1.76 1.72	2.11 2.12	0.92 0.92	1.25 1.27	0.23 0.23	2.73 2.77	4.13 4.15	4.30 4.40	2.53 2.55	1.77 1.85	
80	0.45 p k	4.98 5.05	1.78 1.70	2.79 2.85	1.17 1.18	1.70 1.88	0.10 0.10	3.60 3.66	5.02 4.98	6.30 6.50	3.27 3.36	3.03 3.14	
100	0.57 p k	5.65 5.75	1.72 1.68	3.34 3.40	1.21 1.22	2.35 2.37	-0.04 -0.01	4.25 4.33	5.37 5.40	7.70 8.50	3.90 3.96	3.80 4.54	
120	0.68 p k	6.30 6.38	1.75 1.71	3.88 3.93	1.18 1.18	2.57 2.63	-0.14 -0.14	4.85 4.92	5.65 5.66	9.80 10.60	4.40 4.46	5.40 6.14	
140	0.80 p k	6.96 7.00	1.78 1.76	4.40 4.43	1.06 1.04	2.93 2.99	-0.30 -0.29	5.41 5.48	5.82 5.82	12.60 11.00	4.92 4.96	7.68 8.13	
160	0.91	7.57	1.60	4.90	0.77	3.34	-0.58	6.35	5.81	19.00	5.54	13.46	
Obciążenie wtórne													
40	0.23	2.96	1.77	1.15	0.38	0.76	0.00	1.36	2.95	3.65	1.56	2.09	
80	0.45	4.66	2.54	2.67	0.64	1.51	-0.04	2.56	4.20	6.80	2.85	3.95	
120	0.68 p k	5.98 6.04	2.88 2.90	3.62 3.67	0.63 0.64	2.08 2.12	-0.37 -0.32	3.51 3.54	4.92 4.92	9.85 10.05	3.80 3.84	6.05 6.21	
160	0.91 p k	7.01 7.07	3.01 3.01	4.60 4.67	0.47 0.46	2.62 2.66	-0.64 -0.66	4.26 4.29	5.14 5.12	13.20 13.60	4.62 4.67	8.58 8.93	

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



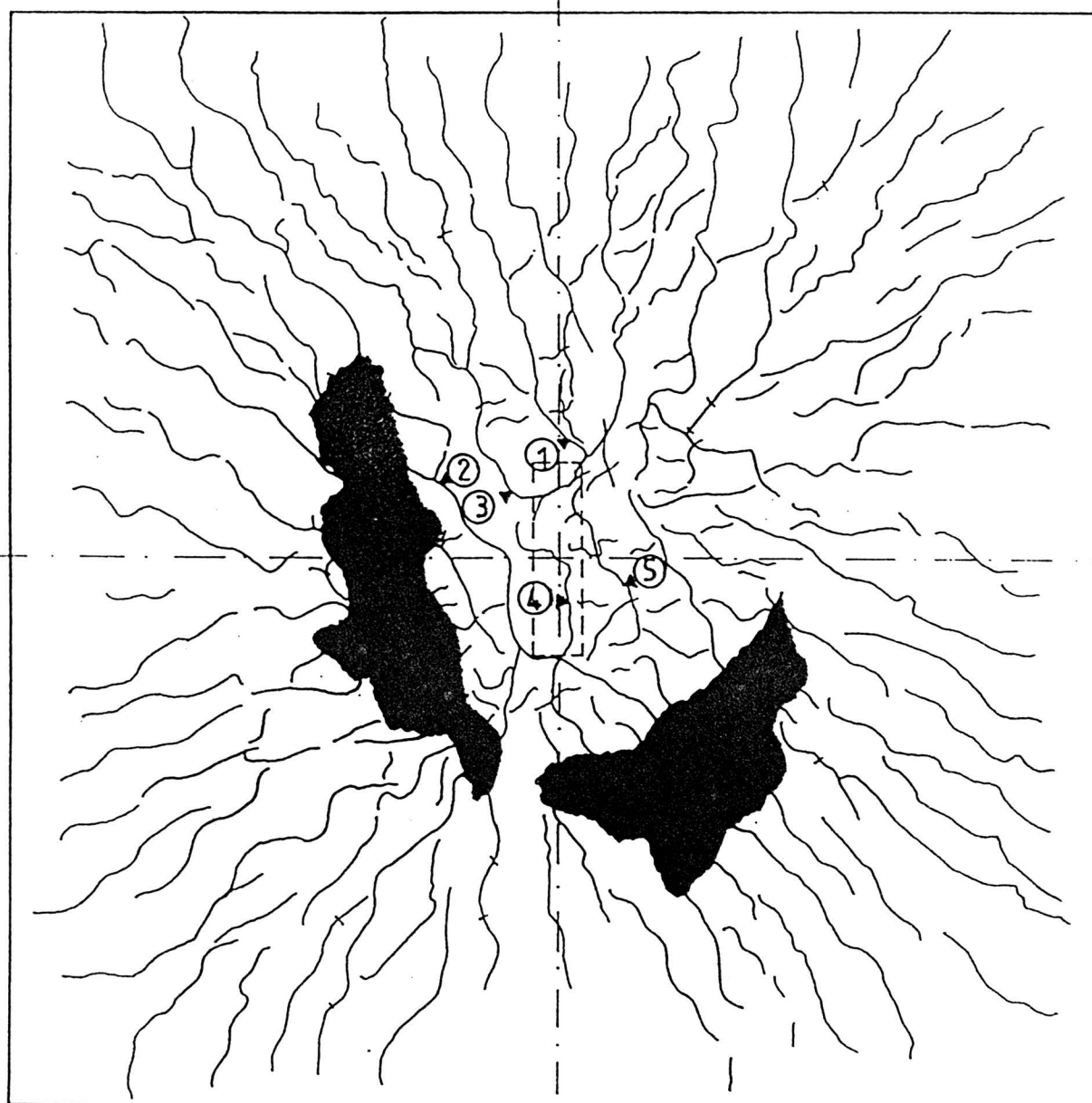
Tablica 7.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
40	0.23	0.03	0.07	0.22	0.17	0.05	0.10	0.07	0.00	0.15	0.17	0.10	0.00		
80	0.45	0.05	0.12	0.29	0.34	0.22	0.15	0.12	0.05	0.26	0.22	0.27	0.34		
120	0.68	0.07	0.25	0.44	0.56	0.52	0.27	0.17	0.12	0.29	0.32	0.42	0.52		
160	0.91	0.12	0.34	0.59	0.81	0.69	0.39	0.24	0.15	0.39	0.47	0.64	0.78		



Tablica 7.4. Szerokości rozwarcia rys

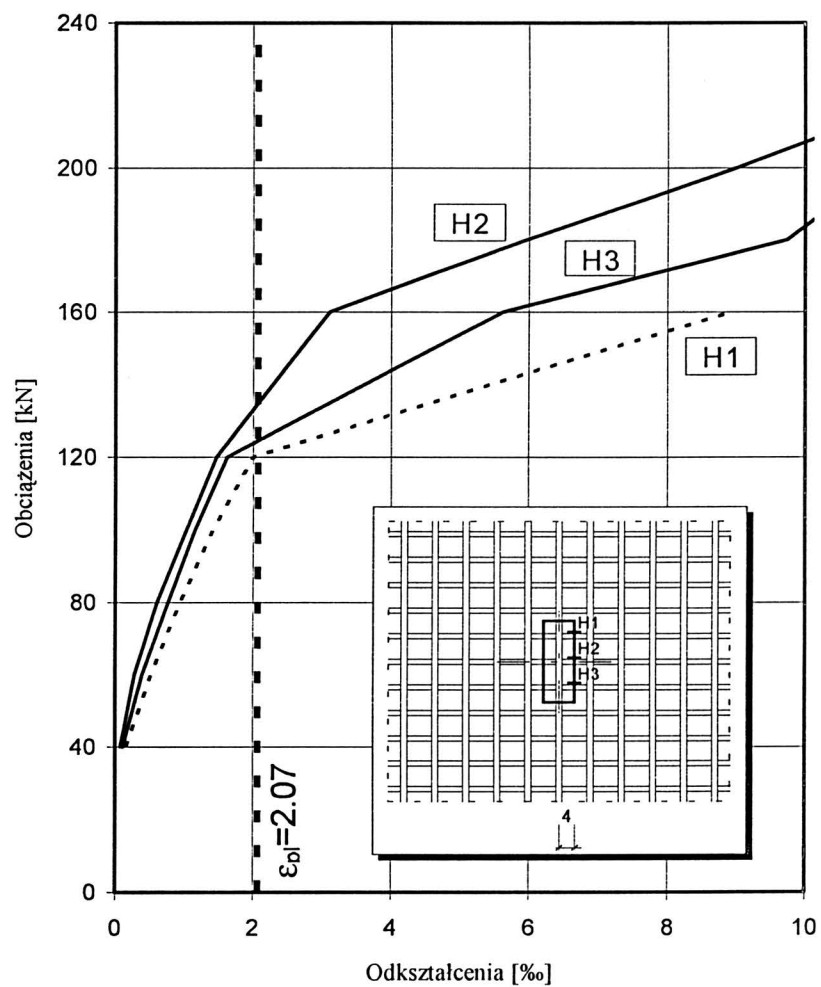
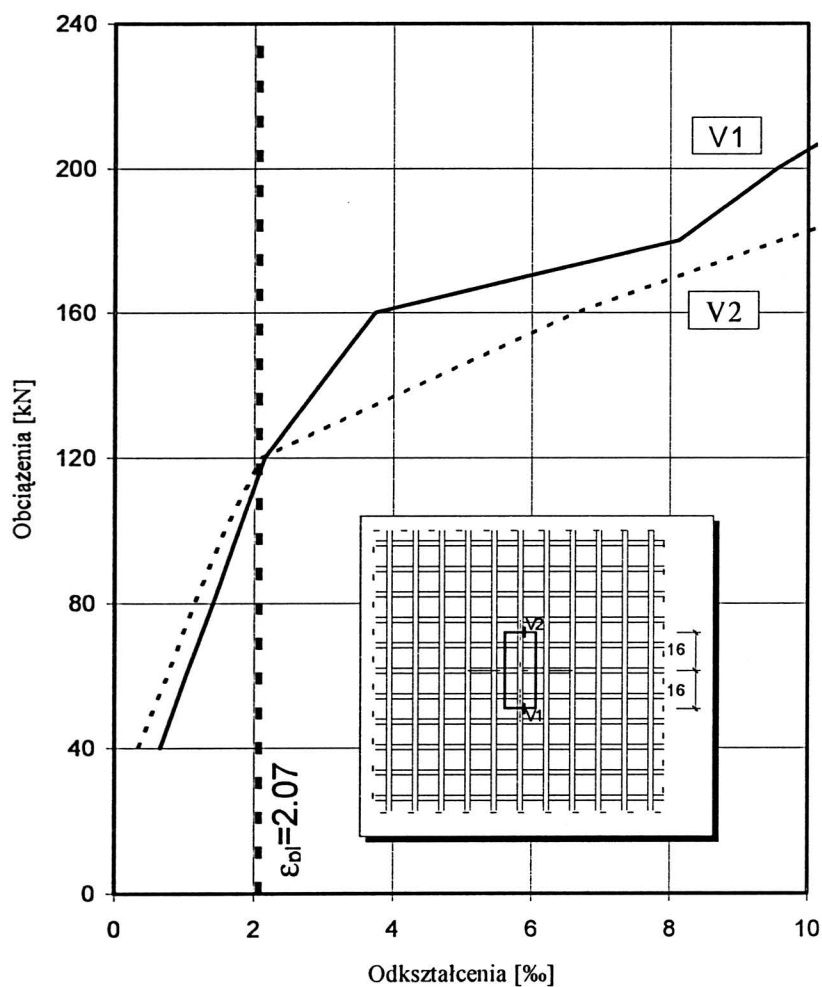
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V/V_u^{\text{exp.}}}$									
	60	80	100	120						
	0.34	0.45	0.57	0.68						
1	0.05	0.12	0.20	0.25						
2	0.10	0.15	0.25	0.40						
3	0.05	0.07	0.15	0.20						
4	0.08	0.20	0.35	0.60						
5	0.10	0.15	0.20	0.20						
Miejsce pomiaru	Obciążenie wtórne									
	0	40	80	120	160					
	0.00	0.23	0.45	0.68	0.91					
1	0.05	0.10	0.20	0.45	0.60					
3	0.05	0.08	0.12	0.20	0.30					
4	0.20	0.50	0.60	1.00	1.25					
5	0.07	0.15	0.25	0.30	0.40					



Tablica 8.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3	
		ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]
40	0.18	0.660	132	0.340	68			0.160	32	0.080	16	0.110	22
60	0.27	1.020	204	0.760	152			0.520	104	0.280	56	0.390	78
80	0.36	1.410	282	1.150	230			0.940	188	0.610	122	0.770	154
100	0.44	1.780	350	1.580	316			1.420	284	1.040	208	1.160	232
120	0.53	2.150		2.100				2.000		1.470	294	1.620	324
160	0.71	3.740		6.640				8.930		3.110		5.630	
180	0.80	8.120		9.600						5.960		9.730	
200	0.89	9.545		12.755						9.000		11.150	
220	0.98	11.305								11.850			

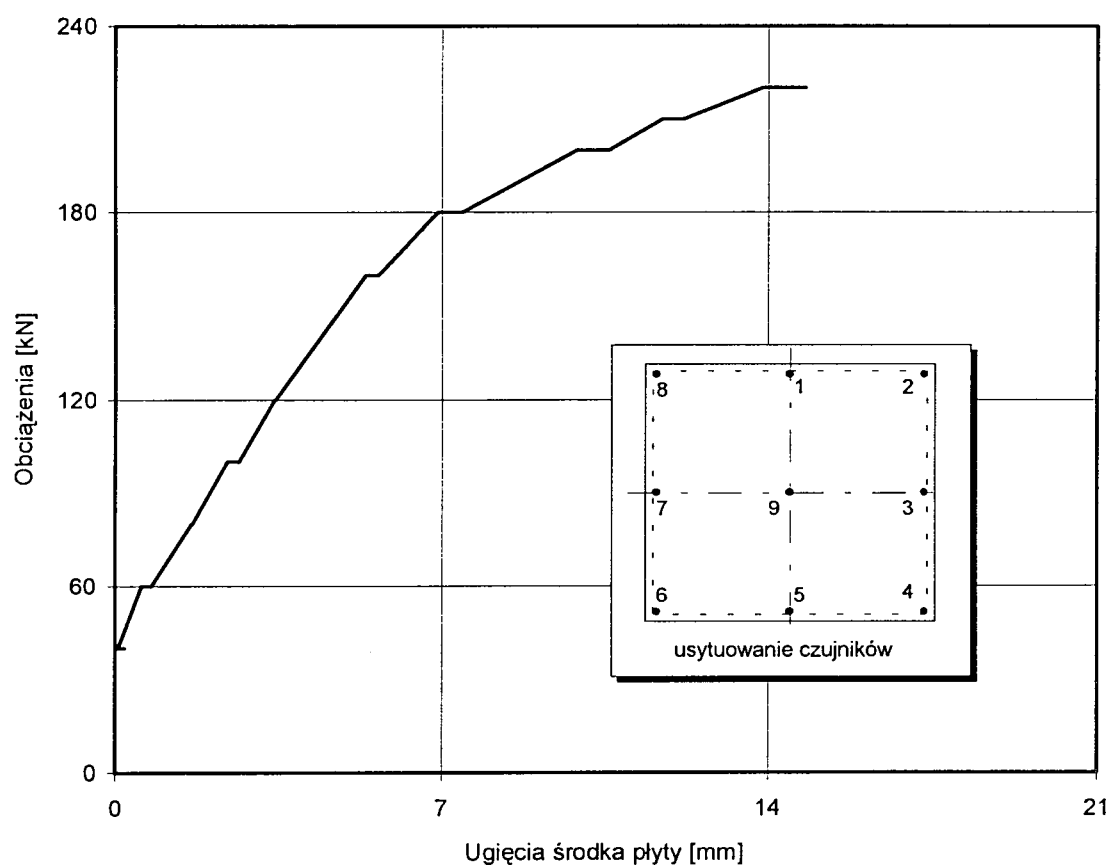
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 8.2. Przemieszczenia płyty

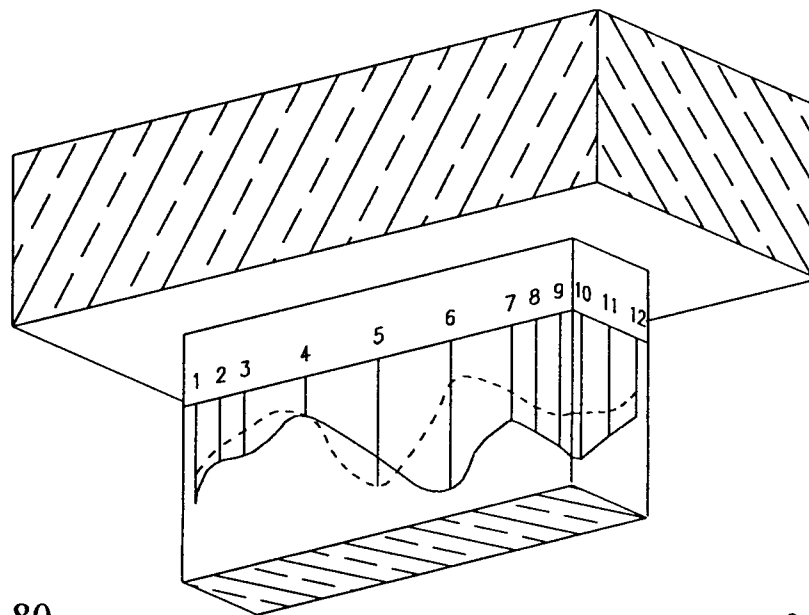
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]											[mm]	[mm]	
40	0.18	p	2.43	2.43	1.83	0.35	0.88	-0.10	3.69	3.85	2.40	2.20	0.19
		k	3.48	2.41	1.86	0.38	0.90	-0.09	3.72	3.87	2.55	2.49	0.06
60	0.27	p	4.58	3.06	2.99	0.84	1.54	1.04	4.65	4.35	4.00	3.44	0.56
		k	4.47	3.01	3.10	0.91	1.64	1.03	4.52	4.44	4.20	3.43	0.76
80	0.36	p	5.39	3.32	3.99	1.15	2.13	1.04	5.48	5.24	5.85	4.21	1.63
		k	5.57	3.31	4.11	1.19	2.20	1.04	5.48	5.33	6.00	4.34	1.66
100	0.44	p	6.41	3.45	4.72	1.33	2.57	1.00	6.12	5.96	7.35	4.95	2.39
		k	6.49	3.42	4.84	1.36	2.66	0.99	6.21	6.04	7.70	5.05	2.65
120	0.53	p	8.21	3.53	5.35	1.47	2.99	0.93	6.83	6.58	9.25	5.84	3.40
		k	8.36	3.51	5.43	1.49	3.05	0.91	6.89	6.64	9.35	5.93	3.41
160	0.71	p	8.57	3.56	6.36	1.54	3.67	0.77	7.95	7.28	12.00	6.63	5.36
		k	8.75	3.54	6.49	1.55	3.78	0.72	8.04	7.32	12.40	6.76	5.63
180	0.80	p	9.25	3.54	6.90	1.47	4.07	0.60	8.51	7.48	14.10	7.18	6.91
		k	9.37	3.50	6.98	1.47	4.12	0.58	8.56	7.48	14.70	7.25	7.44
200	0.89	p	9.98	3.41	7.45	1.29	4.46	0.44	9.13	7.57	17.65	7.75	9.89
		k	10.19	3.32	7.62	1.24	4.61	0.38	9.26	7.56	18.50	7.92	10.58
210	0.93	p	10.49	3.26	7.84	1.13	4.78	0.30	9.52	7.59	19.90	8.15	11.74
		k	10.57	3.20	7.93	1.09	4.86	0.26	9.62	7.58	20.45	8.24	12.20
220	0.98	p	10.97	4.07	8.21	0.89	5.07	0.11	9.98	8.66	22.45	8.55	13.89
		k	11.23	2.91	8.39	0.75	5.22	0.00	10.14	8.55	23.55	8.74	14.80

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 8.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
40	0.18	0.10	0.00	0.07	0.10	0.00	0.10	0.10	0.05	0.10	0.07	0.12	0.10		
60	0.27	0.17	0.03	0.17	0.10	0.10	0.07	0.17	0.12	0.17	0.20	0.20	0.07		
80	0.36	0.17	0.17	0.17	0.05	0.07	0.15	0.22	0.22	0.39	0.32	0.27	0.14		
100	0.44	0.44	0.25	0.32	0.17	0.22	0.27	0.34	0.37	0.34	0.39	0.29	0.17		
120	0.53	0.49	0.20	0.29	0.17	0.15	0.39	0.47	0.52	0.47	0.42	0.39	0.27		
160	0.71	0.44	0.22	0.37	0.27	0.86	0.27	0.42	1.00	0.59	0.59	0.52	0.39		
180	0.80	0.49	0.34	0.27	0.27	0.88	0.29	0.47	0.61	0.71	0.69	0.59	0.37		
200	0.89	0.61	0.54	0.47	0.29	0.64	0.54	0.54	0.74	0.76	0.81	0.66	0.49		
220	0.98	0.69	0.44	0.44	0.27	0.69	1.03	0.66	0.78	0.93	1.00	0.76	0.54		



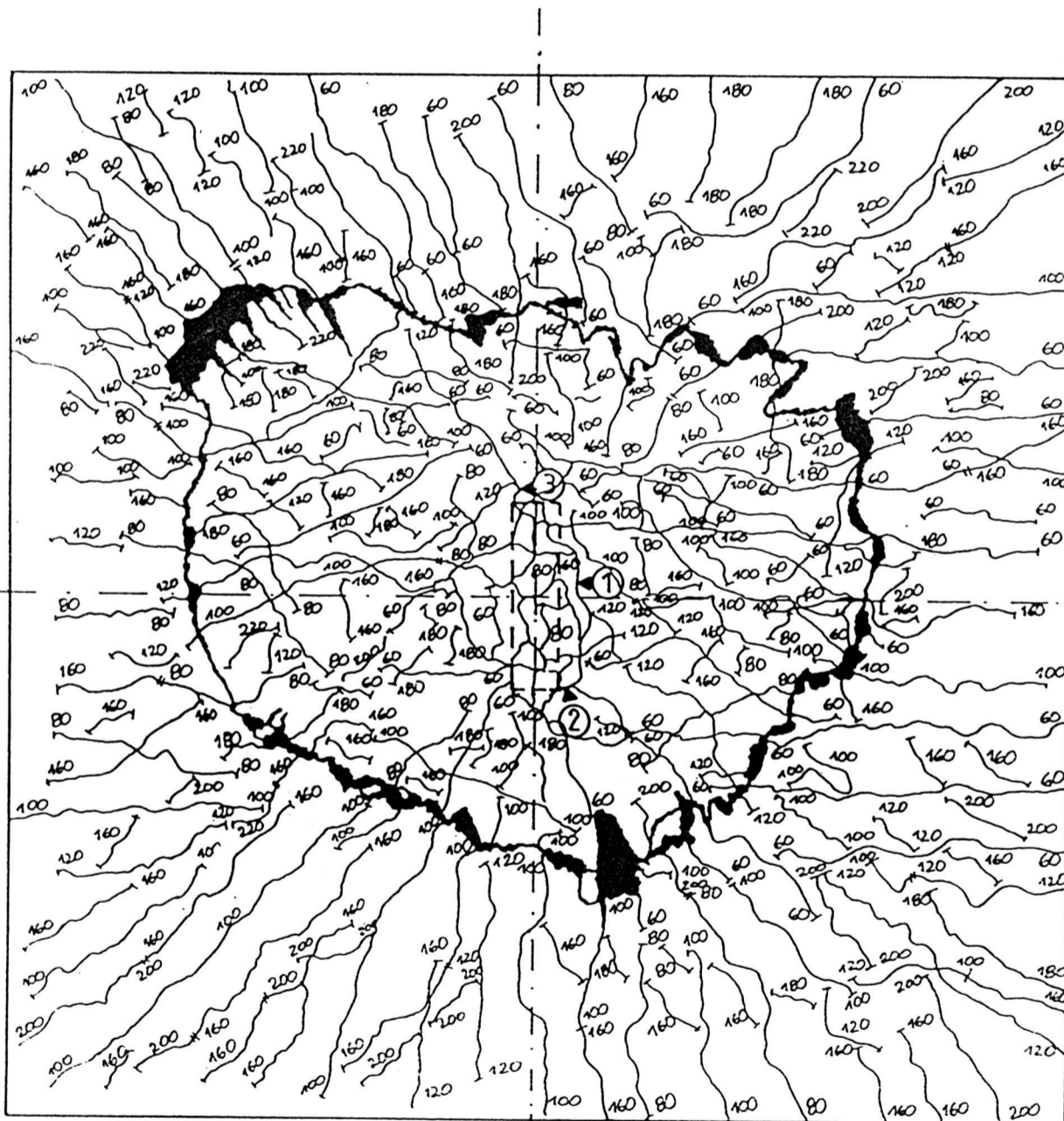
$V_u/V_u^{exp.} = 0.80$ —————

$V_u/V_u^{exp.} = 0.98$ - - - - -

0
|
0.5‰

Tablica 8.4. Szerokości rozwarcia rys

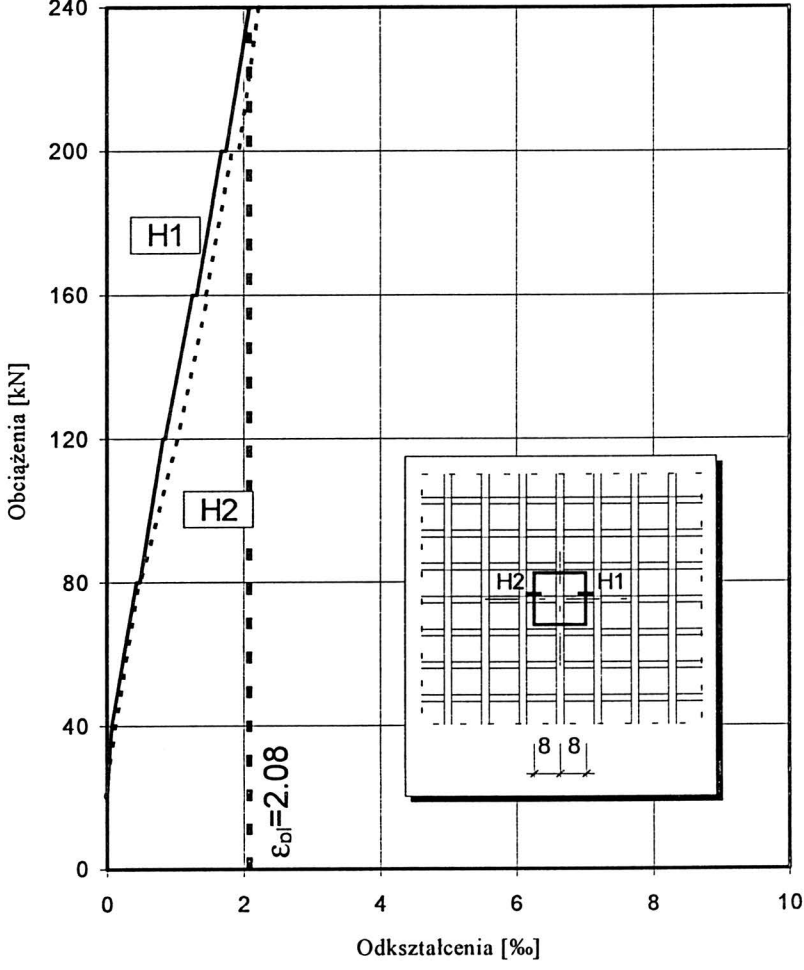
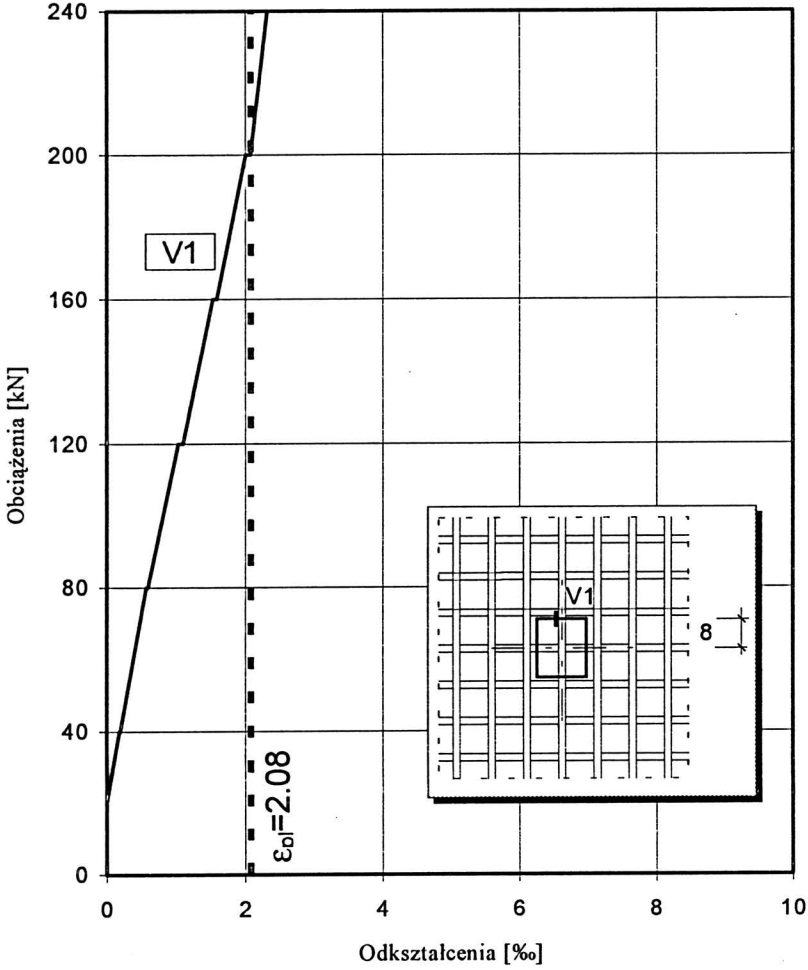
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V / V_u^{\text{exp.}}}$									
	60	80	100	120	160	180	200	220		
	0.27	0.36	0.44	0.53	0.71	0.80	0.88	0.98		
1	0.03	0.10	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	1.50		
2	0.05	0.10	0.18	0.30	0.50	0.70	1.00	1.20		
3	-	-	0.30	0.45	0.70	1.10	1.20	2.00		



Tablica 9.1 Odsztalzenia i naprężenia w zbrojeniu

V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V ₁		V ₂		V ₃		H ₁		H ₂		H ₃	
		ε [‰]	σ [MPa]	ε [‰]	σ [MPa]	ε [‰]	σ [MPa]	ε [‰]	σ [MPa]	ε [‰]	σ [MPa]	ε [‰]	σ [MPa]
20	0.08	-0.010	-					-0.010	-	-0.030	-		
40	0.15	p	0.180	36				0.070	14	0.120	24		
		k	0.190	38				0.070	14	0.120	24		
80	0.31	p	0.570	114				0.430	86	0.470	94		
		k	0.590	118				0.480	96	0.490	98		
120	0.46	p	1.030	206				0.820	164	1.030	206		
		k	1.100	220				0.850	170	1.030	206		
160	0.62	p	1.530	306				1.250	250	1.480	296		
		k	1.590	318				1.310	262	1.450	290		
200	0.77	p	2.010	402				1.680	336	1.830	366		
		k	2.080	416				1.750	350	1.930	386		
240	0.92	p	2.320					2.090		2.230			
		k	2.360					2.105		2.250			

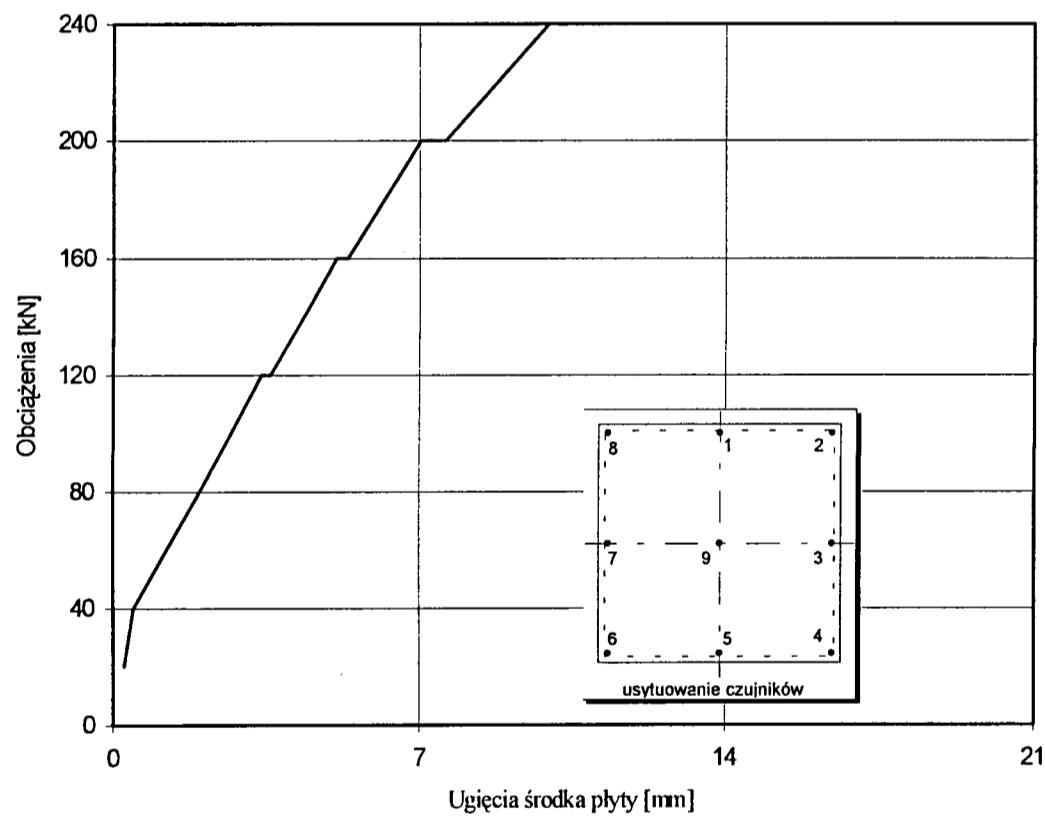
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 9.2. Przemieszczenia płyty

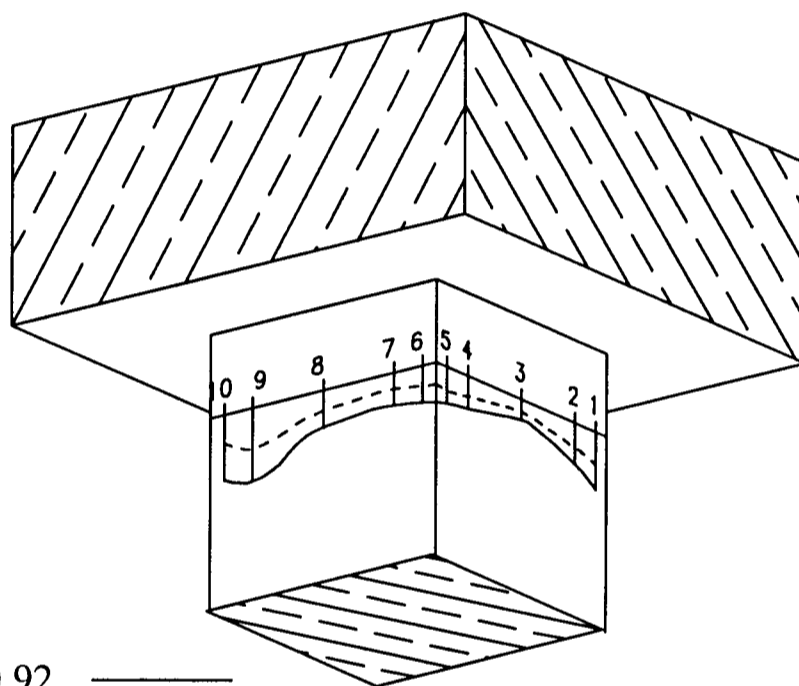
V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
20	0.08	1.28	0.90	0.63	0.01	0.15	0.13	0.94	1.47	1.00	0.75	0.25	
40	0.15	2.77	1.74	1.54	0.30	0.99	0.47	2.04	2.82	2.30	1.90	0.46	
80	0.30	5.53	2.94	3.62	1.02	2.97	1.02	4.12	4.84	6.05	4.06	1.99	
		7.17	3.58	4.92	1.31	3.88	1.06	5.42	5.88	8.74	5.34	3.39	
120	0.46	p	7.31	3.57	5.00	1.23	3.96	1.05	5.52	5.92	9.05	5.44	3.60
		k	8.37	3.80	5.88	1.48	4.54	0.97	6.42	6.38	11.40	6.30	5.09
160	0.61	p	8.50	3.80	5.97	1.50	4.61	0.95	6.50	6.41	11.75	6.39	5.35
		k	9.54	4.12	6.84	1.58	5.90	0.86	7.38	6.85	14.45	7.41	7.03
200	0.77	p	9.67	4.12	6.94	1.60	5.18	0.85	7.44	6.86	14.90	7.30	7.59
		k	10.69	4.36	7.85	1.62	5.68	0.71	8.35	7.29	18.10	8.14	9.95
240	0.92	p	10.89	4.34	8.01	1.63	5.81	0.66	8.47	7.31	18.85	8.29	10.55
		k											

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 9.3 Odształcenia słupa

V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ε [‰]	2 ε [‰]	3 ε [‰]	4 ε [‰]	5 ε [‰]	6 ε [‰]	7 ε [‰]	8 ε [‰]	9 ε [‰]	10 ε [‰]	11 ε [‰]	12 ε [‰]	13 ε [‰]	14 ε [‰]
20	0.08	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.05	0.02				
40	0.16	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02				
80	0.31	0.10	0.07	0.05	0.07	0.10	0.07	0.07	0.10	0.12	0.07				
120	0.46	0.10	0.10	0.05	0.10	0.12	0.10	0.07	0.12	0.17	0.12				
160	0.61	0.20	0.15	0.07	0.12	0.15	0.12	0.10	0.12	0.25	0.17				
200	0.77	0.29	0.20	0.10	0.17	0.17	0.15	0.15	0.17	0.32	0.25				
240	0.92	0.34	0.25	0.12	0.20	0.22	0.22	0.20	0.22	0.44	0.39				



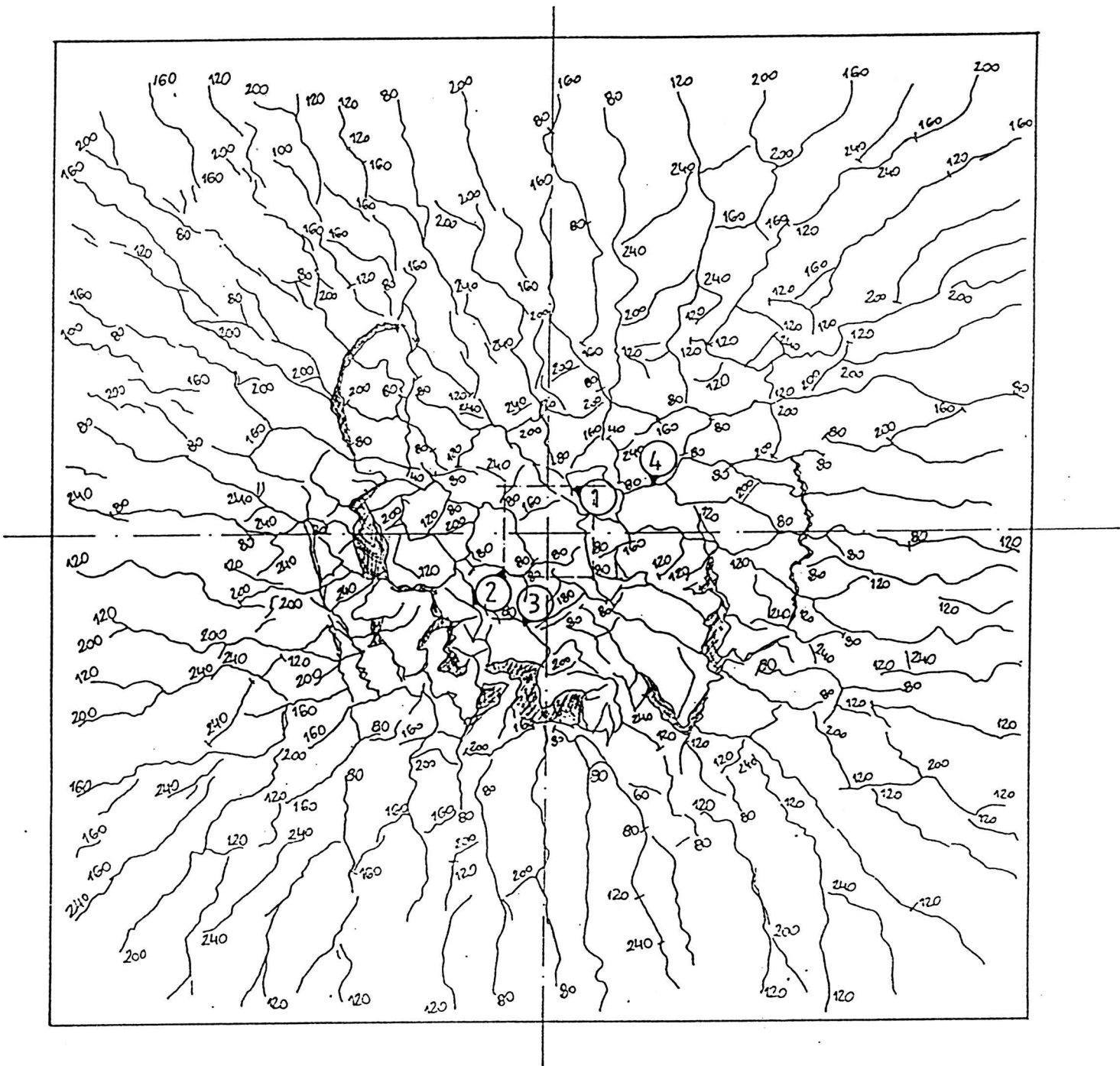
$V_u/V_u^{exp.} = 0.92$ ———

$V_u/V_u^{exp.} = 0.61$ - - - - -

0
0.5‰

Tablica 9.4. Szerokości rozwarcia rys

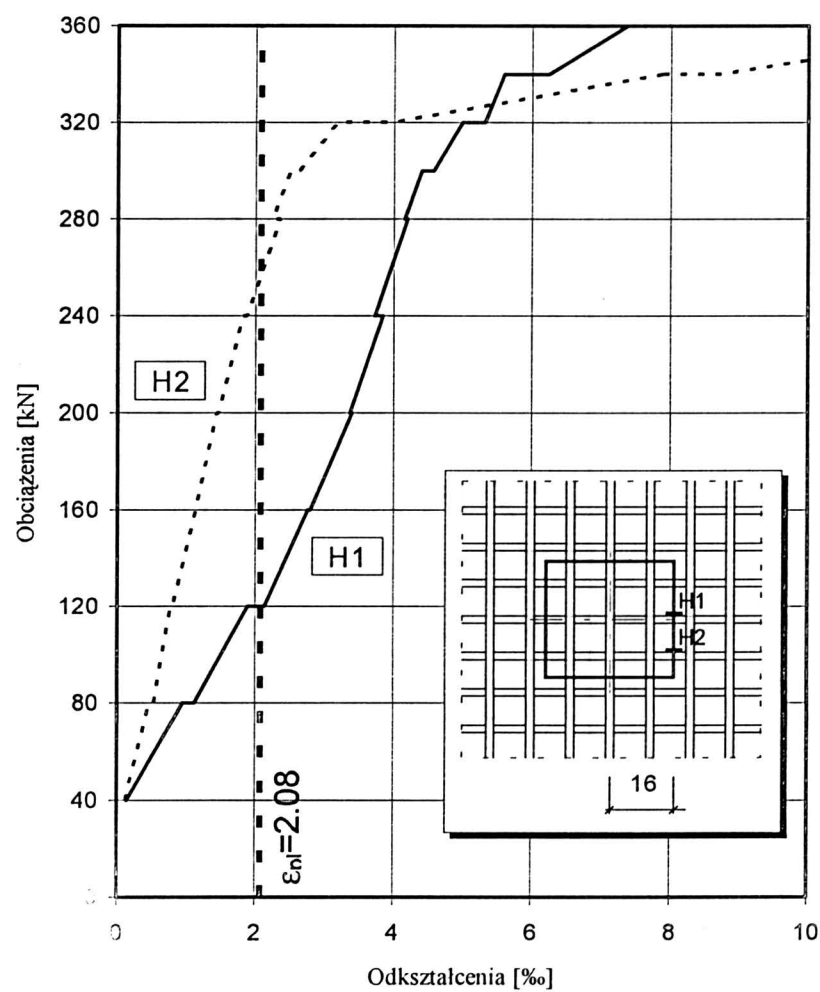
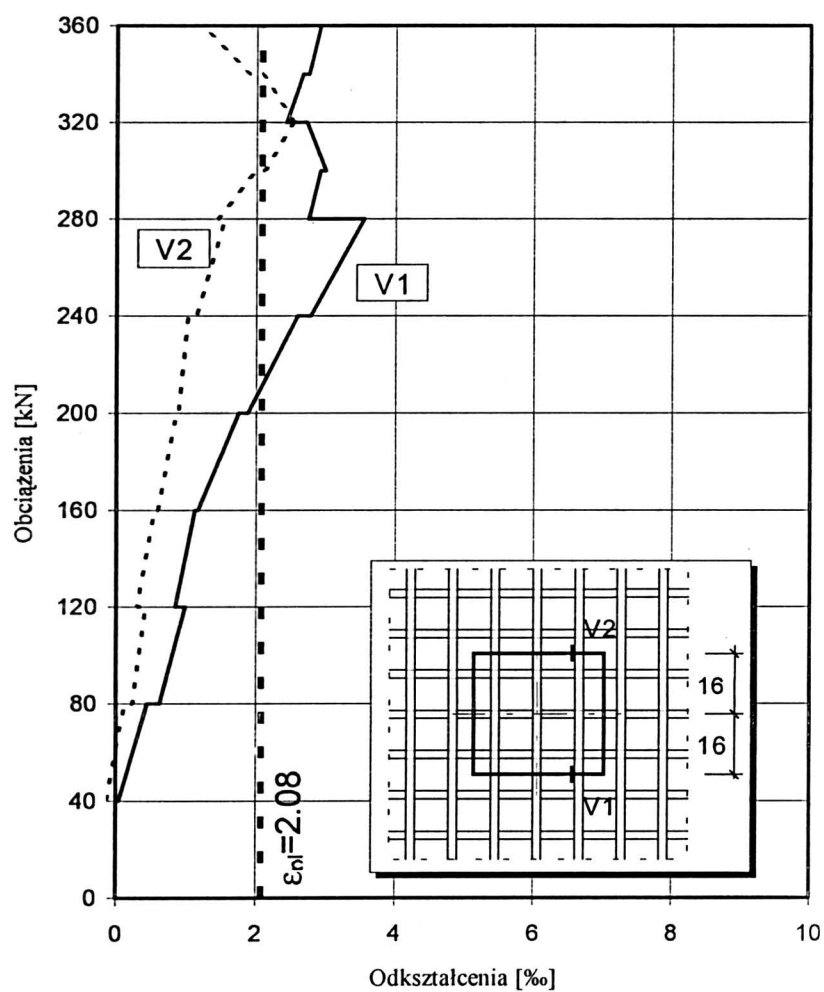
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy										
	obciążeniu $\frac{V [kN]}{V / V_u^{exp.}}$										
	40	80	120	160	200	240					
	0.15	0.30	0.46	0.61	0.77	0.92					
1	0.02	0.10	0.20	0.30	0.35	0.50					
2	-	0.10	0.20	0.30	0.35	0.45					
3	-	0.05	0.15	0.30	0.35	0.50					
4	-	-	0.15	0.25	0.30	0.45					
5	-	-	-	-	0.40	0.60					



Tablica 10.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	ϵ [‰]	σ [MPa]	
40	0.11	0.045	9	-0.135	-			0.150	30	0.120	24			
80	0.22	p	0.445	89	0.125	25			0.960	192	0.470	94		
		k	0.625	125	0.240	48			1.120	224	0.530	106		
120	0.33	p	0.995	191	0.420	84			1.895	379	0.775	155		
		k	0.855	171	0.300	60			2.140	428	0.805	161		
160	0.44	p	1.125	225	0.550	110			2.765		1.140	228		
		k	1.175	235	0.600	120			2.800		1.140	228		
200	0.56	p	1.755	351	0.860	172			3.400		1.440	288		
		k	1.885	377	0.890	178			3.370		1.470	294		
240	0.67	p	2.595		1.025	205			3.850		1.820	364		
		k	2.785		1.150	230			3.730		1.880	376		
280	0.78	p	3.555		1.550	310			4.200		2.360			
		k	2.755		1.450	290			4.160		2.250			
300	0.83	p	2.915		1.990	398			4.410		2.510			
		k	2.990		2.120				4.580		2.640			
320	0.89	p	2.725		2.530				4.990		3.190			
		k	2.435		2.535				5.320		3.990			
340	0.91	p	2.665		2.090				5.600		7.880			
		k	2.755		1.890				6.240		8.710			
360	1.00	2.925		1.220				7.370		13.180				

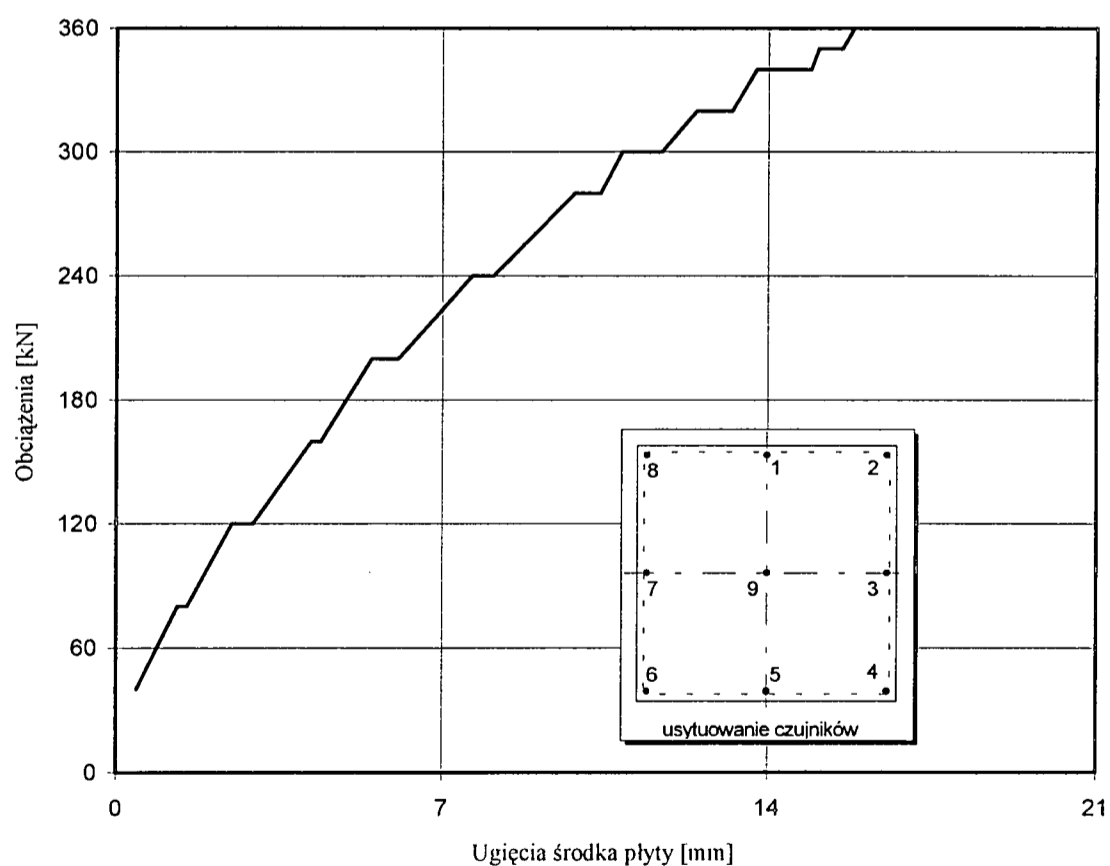
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 10.2. Przemieszczenia płyty

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]													
40	0.11	2.92	2.03	1.60	0.35	0.89	0.64	2.20	3.07	2.35	1.90	0.44	
80	0.22 p	5.16	2.95	3.17	0.79	1.95	0.94	4.02	4.99	4.90	3.57	1.32	
	k									5.10		1.52	
120	0.33 p	6.94	3.56	4.60	1.15	2.78	0.96	5.53	6.38	7.55	5.06	2.48	
	k									8.00		2.93	
160	0.44 p	8.33	3.97	5.72	1.40	3.49	0.93	6.70	7.23	10.25	6.06	4.19	
	k									10.45		4.39	
200	0.55 p	9.41	4.36	6.72	1.56	4.08	0.91	7.63	7.85	12.45	6.96	5.48	
	k									13.00		6.04	
240	0.67 p	10.53	4.77	7.63	1.66	4.69	0.86	8.59	8.42	15.50	7.86	7.64	
	k									15.96		8.10	
280	0.78 p	11.73	5.23	8.66	1.68	5.23	0.79	9.55	8.96	18.64	8.79	9.84	
	k									19.19		10.39	
300	0.83 p	12.40	5.48	9.25	1.63	5.55	0.75	10.09	9.20	20.19	9.32	10.86	
	k									21.04		11.71	
320	0.89 p	13.08	5.74	9.86	1.65	5.85	0.67	10.69	9.43	22.34	9.87	12.46	
	k									23.09		13.21	
340	0.94 p	14.00	5.95	10.56	1.53	6.23	0.52	11.27	9.45	24.27	10.52	13.73	
	k									25.44		14.90	
350	0.97 p	14.45	5.93	10.91	1.46	6.45	0.41	11.62	9.45	25.94	10.85	15.07	
	k									26.44		15.57	
360	1.00	14.75	6.00	11.18	1.40	6.59	0.34	11.92	9.53	26.94	11.11	15.82	

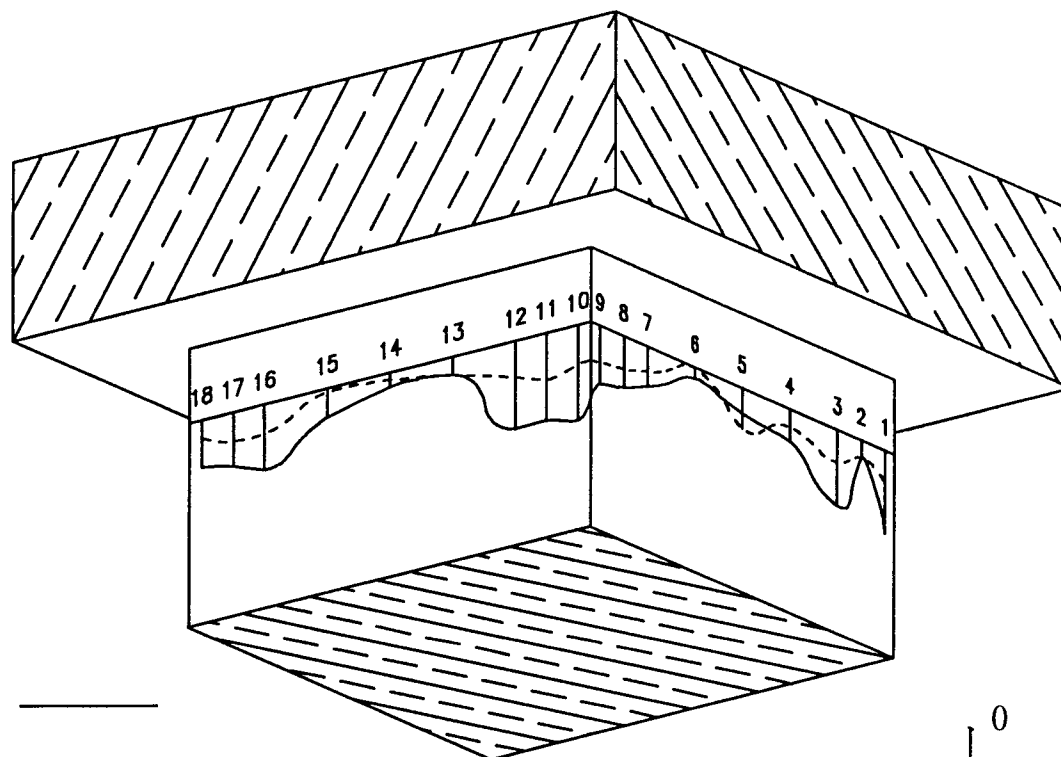
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 10.3 Odształcenia słupa

V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ε [‰]	2 ε [‰]	3 ε [‰]	4 ε [‰]	5 ε [‰]	6 ε [‰]	7 ε [‰]	8 ε [‰]	9 ε [‰]
40	0.11	0.00	0.15	0.20	0.02	0.25	0.05	0.02	0.02	0.02
80	0.22	0.02	0.27	0.12	0.00	0.12	0.02	0.05	0.07	0.12
120	0.33	0.00	0.25	0.12	0.02	0.20	0.00	0.07	0.07	0.12
160	0.44	0.07	0.25	0.10	0.10	0.29	0.02	0.25	0.15	0.15
200	0.55	0.17	0.17	0.12	0.17	0.29	0.02	0.15	0.17	0.20
240	0.67	0.22	0.12	0.22	0.12	0.27	0.00	0.17	0.22	0.25
280	0.78	0.34	0.02	0.32	0.15	0.15	0.02	0.22	0.25	0.27
300	0.83	0.37	0.02	0.32	0.22	0.22	0.00	0.20	0.29	0.29
320	0.89	0.49	0.29	0.42	0.32	0.22	0.10	0.44	0.29	0.34
340	0.94	0.56	0.12	0.51	0.22	0.17	0.07	0.27	0.34	0.39

V _u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	10 ε [‰]	11 ε [‰]	12 ε [‰]	13 ε [‰]	14 ε [‰]	15 ε [‰]	16 ε [‰]	17 ε [‰]	18 ε [‰]
40	0.11	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
80	0.22	0.05	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.07
120	0.33	0.10	0.10	0.07	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07
160	0.44	0.17	0.17	0.15	0.07	0.07	0.05	0.05	0.10	0.00
200	0.55	0.20	0.25	0.20	0.10	0.05	0.00	0.12	0.15	0.05
240	0.67	0.27	0.32	0.25	0.12	0.05	0.02	0.20	0.20	0.12
280	0.78	0.37	0.34	0.32	0.15	0.00	0.05	0.27	0.27	0.22
300	0.83	0.47	0.44	0.42	0.17	0.05	0.10	0.32	0.22	0.22
320	0.89	0.51	0.51	0.47	0.17	0.05	0.17	0.37	0.29	0.25
340	0.94	0.64	0.59	0.59	0.12	0.10	0.20	0.44	0.37	0.32



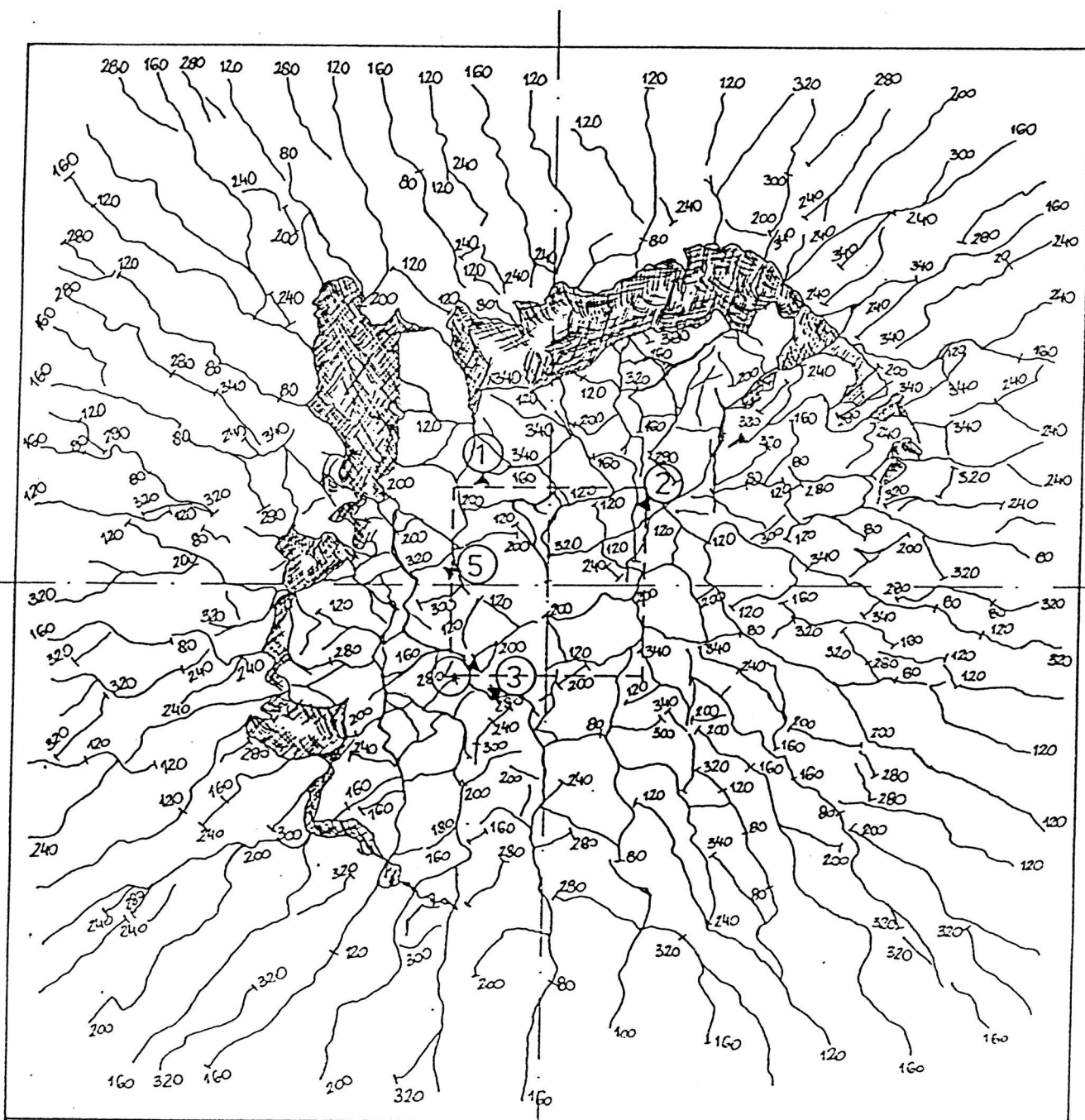
$V_u/V_u^{exp.} = 0.94$ ———

$V_u/V_u^{exp.} = 0.67$ - - - - -

0
0.5‰

Tablica 10.4. Szerokości rozwarcia rys

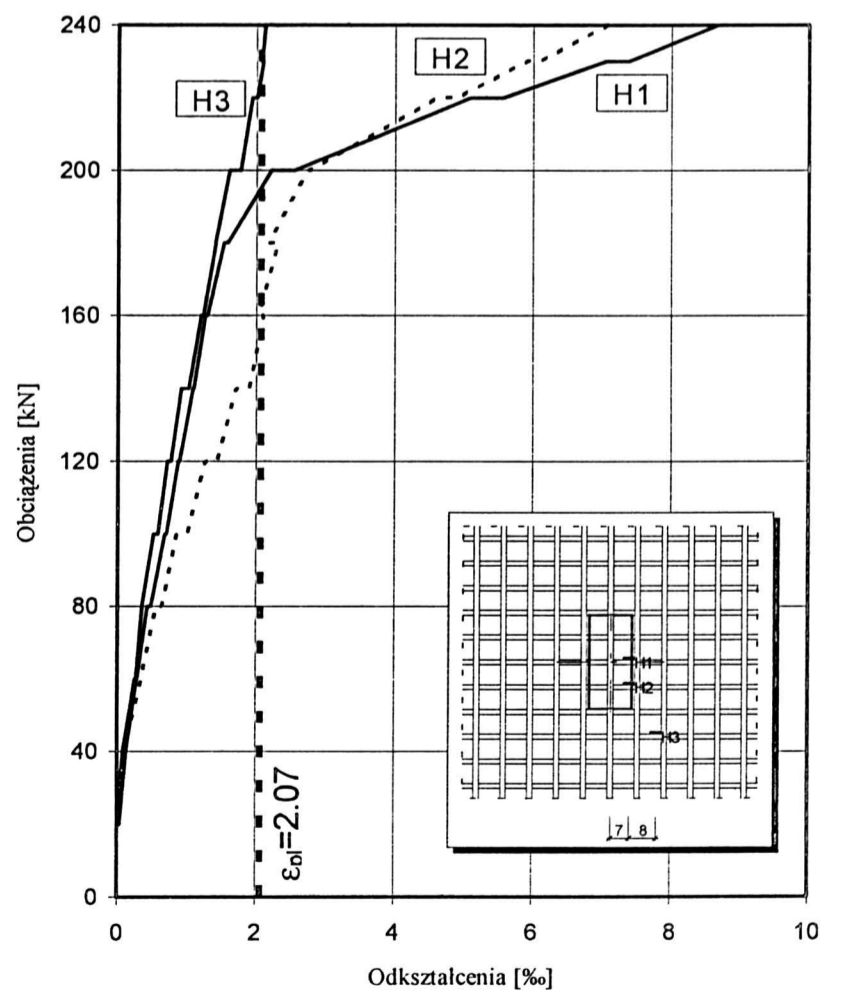
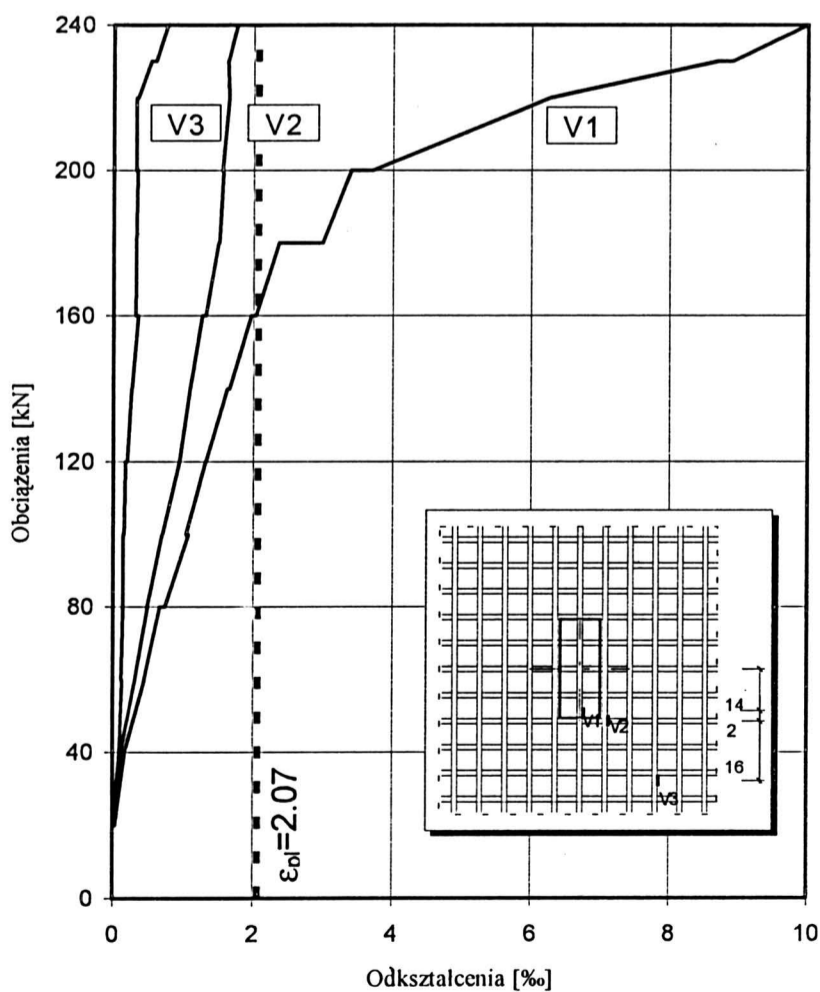
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V/V_u^{\text{exp.}}}$									
	80	120	160	200	240	280	300	320	340	360
	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.83	0.88	0.94	1.00
1	0.06	0.12	0.15	0.20	0.26	0.28	0.25	0.30	0.35	0.45
2	0.11	0.20	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90	1.15	1.30	1.60
3	0.11	0.20	0.30	0.45	0.65	0.75	0.80	1.15	1.25	1.45
4	0.12	0.22	0.32	0.45	0.55	0.60	0.70	1.00	1.15	1.30
5	0.10	0.20	0.25	0.35	0.50	0.60	0.65	0.75	0.80	0.95
MAX							1.00	1.35	1.50	1.60



Tablica 11.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		[kN]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]
20	0.08		0.035	7	0.035	7	0.015	3	0.015	3	0.020	4	0.035	7
40	0.16		0.175	35	0.120	24	0.095	19	0.085	17	0.100	20	0.130	26
60	0.24	p	0.455	91	0.315	63	0.130	26	0.250	50	0.350	70	0.280	56
		k	0.450	90	0.315	63	0.120	24	0.285	56	0.340	68	0.270	54
80	0.32	p	0.670	134	0.500	100	0.150	30	0.435	87	0.560	112	0.360	72
		k	0.740	148	0.490	98	0.150	30	0.485	97	0.640	128	0.360	72
100	0.40	p	1.080	216	0.700	140	0.150	30	0.685	137	0.855	171	0.520	104
		k	1.045	209	0.710	142	0.160	32	0.710	142	1.005	201	0.585	117
120	0.48	p	1.320	264	0.950	190	0.175	35	0.875	175	1.265	253	0.720	144
		k	1.325	265	0.950	190	0.200	40	0.895	179	1.440	288	0.770	154
140	0.56	p	1.630	326	1.100	220	0.265	53	1.085	217	1.705	341	0.920	184
		k	1.665	333	1.100	220	0.270	54	1.100	220	1.900		1.025	205
160	0.63	p	1.970	394	1.275	255	0.355	71	1.265	253	2.105		1.200	240
		k	2.040		1.320	264	0.315	63	1.295	259	2.040		1.230	246
180	0.71	p	2.370		1.500	300	0.320	64	1.535	307	2.310		1.410	282
		k	2.990		1.510	302	0.320	64	1.585	317	2.175		1.405	281
200	0.79	p	3.400		1.570	314	0.340	68	2.215		2.740		1.610	322
		k	3.715		1.560	312	0.320	64	2.555		2.770		1.775	355
220	0.87	p	6.270		1.650	330	0.320	64	5.090		4.620		1.940	
		k	-		1.650	330	0.350	70	5.565		4.895		2.010	
230	0.91	p	8.700		1.635	327	0.535	107	7.055		5.910		2.100	
		k	8.910		1.640	328	0.600	120	7.385		6.090		2.085	
240	0.95		10.005		1.770	354	0.770	154	8.685		7.080		2.125	

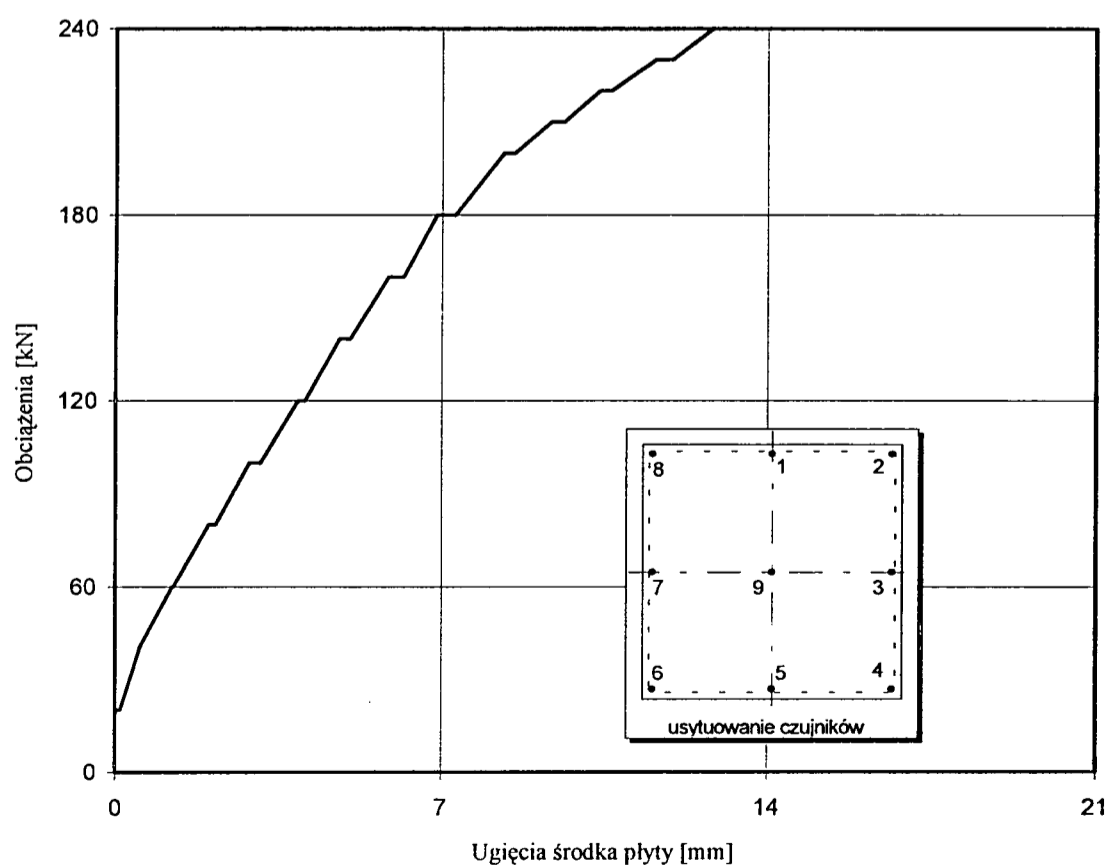
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 11.2. Przemieszczenia płyty

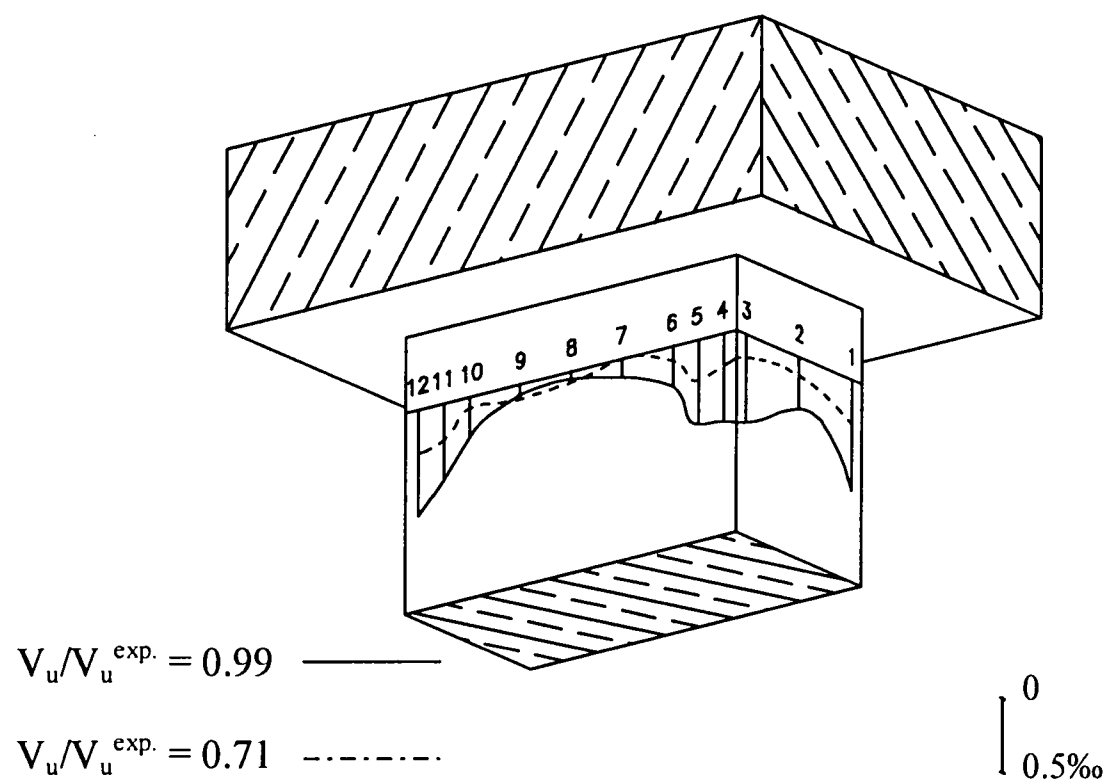
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
[kN]											[mm]	[mm]
20	0.08	1.25	0.76	0.61	0.06	0.29	0.34	0.99	1.43	0.80	0.78	0.01
		1.26	0.75	0.61	0.06	0.30	0.35	1.00	1.44	0.90	0.79	0.10
40	0.16	2.38	1.38	1.33	0.19	0.72	0.53	1.90	2.44	2.10	1.58	0.51
		2.41	1.34	1.31	0.19	0.73	0.54	1.90	2.44	2.10	1.58	0.51
60	0.24	3.29	1.72	1.96	0.28	1.18	0.66	2.70	3.08	3.50	2.28	1.21
		3.35	1.72	2.01	0.30	1.28	0.75	2.80	3.11	3.60	2.36	1.24
80	0.32	4.13	2.06	2.66	0.34	1.69	0.82	3.52	3.66	5.00	3.00	2.00
		4.17	2.05	2.70	0.37	1.76	0.85	3.58	3.67	5.20	3.05	2.14
100	0.40	4.85	2.40	3.32	0.41	2.14	0.90	4.19	4.09	6.50	3.62	2.87
		4.91	2.38	3.37	0.42	2.23	0.91	4.24	4.09	6.80	3.68	3.11
120	0.48	5.50	2.70	3.90	0.44	2.57	0.94	4.77	4.43	8.10	4.18	3.91
		5.54	2.65	3.95	0.45	2.63	0.95	4.81	4.44	8.30	4.23	4.06
140	0.55	6.04	3.02	4.46	0.45	2.95	0.95	5.33	4.46	9.50	4.69	4.80
		6.14	3.05	4.54	0.46	3.04	0.94	5.34	4.47	9.80	4.76	5.03
160	0.64	6.60	3.33	4.97	0.46	3.28	0.92	5.71	4.65	11.00	5.14	5.86
		6.67	3.36	5.06	0.47	3.37	0.92	5.78	4.65	11.40	5.22	6.18
180	0.71	7.13	3.60	5.47	0.44	3.62	0.90	6.22	4.85	12.50	5.61	6.89
		7.17	3.63	5.57	0.45	3.70	0.88	6.24	4.84	12.90	5.67	7.29
200	0.80	7.65	3.85	6.00	0.41	3.96	0.84	6.67	4.96	14.40	6.07	8.33
		7.72	3.86	6.08	0.41	4.04	0.81	6.71	5.00	14.70	6.13	8.56
210	0.83	7.96	3.96	6.34	0.36	4.20	0.79	6.89	5.05	15.70	6.34	9.35
		7.99	3.96	6.37	0.36	4.23	0.74	6.92	5.05	16.00	6.37	9.62
220	0.87	8.25	4.10	6.62	0.31	4.39	0.68	7.15	5.09	17.00	6.60	10.39
		8.31	4.07	6.68	0.30	4.45	0.67	7.19	5.07	17.30	6.65	10.64
230	0.91	8.57	4.15	6.94	0.23	4.64	0.59	7.44	5.08	18.50	6.89	11.60
		8.62	4.16	6.99	0.22	4.68	0.58	7.47	5.06	18.90	6.94	11.96
240	0.96	8.86	4.22	7.23	0.14	4.86	0.51	7.71	5.07	20.00	7.16	12.83
		8.94	4.22	7.32	0.06	4.92	0.47	7.77	5.02	20.50	7.23	13.26

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



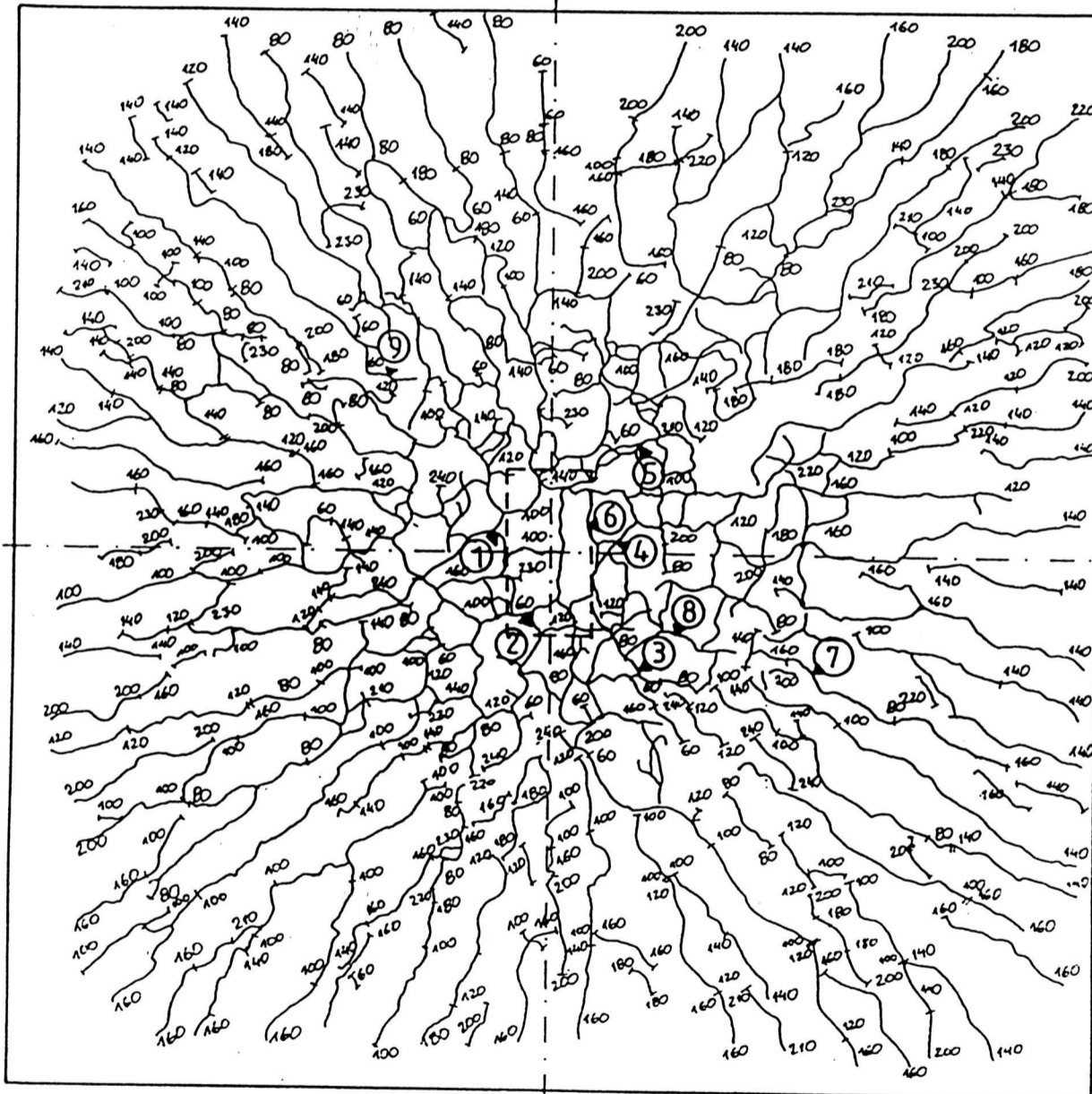
Tablica 11.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
40	0.16	0.00	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00	0.02	0.10	0.02	0.12	0.05	0.00		
80	0.32	0.05	0.02	0.02	0.10	0.10	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05	0.10	0.07		
120	0.48	0.17	0.10	0.07	0.12	0.17	0.07	0.05	0.02	0.00	0.02	0.17	0.17		
160	0.64	0.22	0.10	0.12	0.22	0.22	0.10	0.00	0.02	0.05	0.05	0.25	0.24		
180	0.71	0.29	0.12	0.17	0.22	0.27	0.10	0.00	0.07	0.10	0.07	0.25	0.29		
200	0.80	0.39	0.22	0.32	0.34	0.37	0.20	0.05	0.02	0.05	0.07	0.27	0.37		
210	0.83	0.42	0.22	0.34	0.37	0.39	0.20	0.07	0.02	0.02	0.12	0.34	0.44		
220	0.87	0.51	0.27	0.42	0.42	0.44	0.20	0.10	0.05	0.02	0.17	0.37	0.51		
230	0.91	0.59	0.29	0.47	0.49	0.49	0.25	0.10	0.05	0.02	0.20	0.44	0.56		
240	0.96	0.66	0.32	0.54	0.51	0.54	0.25	0.10	0.05	0.02	0.20	0.44	0.61		
250	0.99	0.74	0.34	0.59	0.59	0.56	0.27	0.12	0.05	0.07	0.27	0.51	0.71		



Tablica 11.4. Szerokości rozwarcia rys

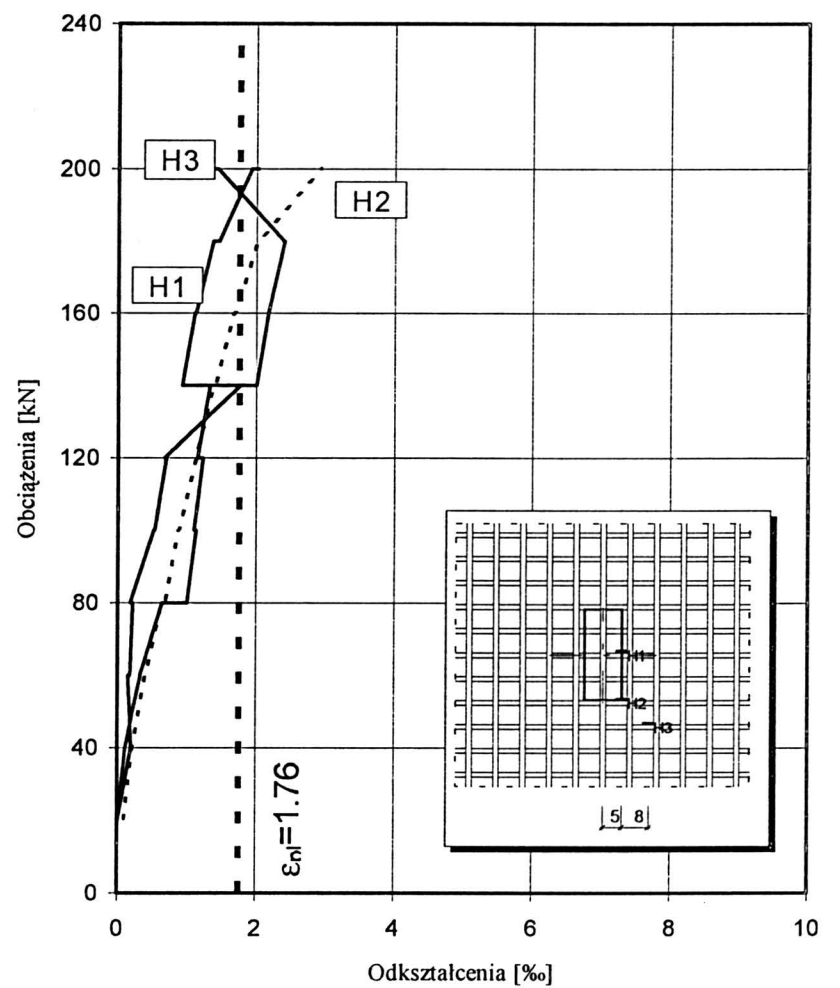
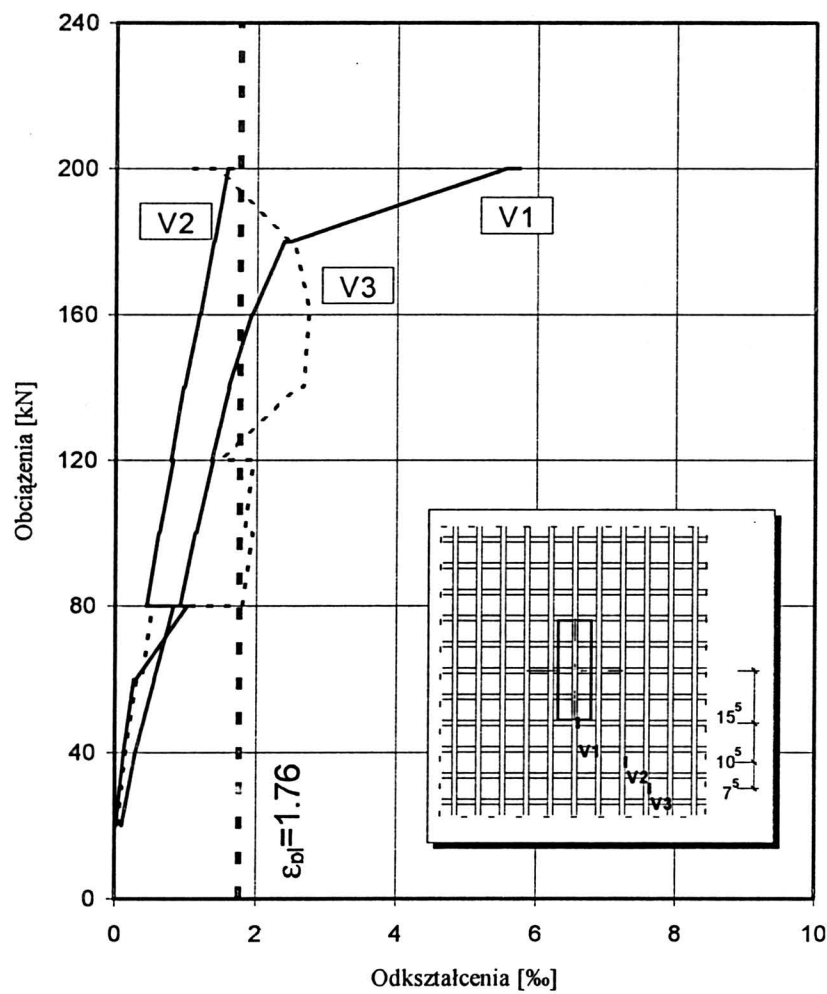
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy											
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V / V_u^{\text{exp.}}}$											
	60	80	100	120	140	160	180	200	210	220	240	250
	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.63	0.71	0.79	0.83	0.87	0.95	0.99
1	0.02	0.05	0.10	0.12	0.20	0.25	0.30	0.30	0.40	0.45	0.50	0.80
2	0.08	0.10	0.10	0.12	0.25	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	0.80	1.00
3	0.05	0.10	0.12	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30	0.35	0.35	0.40	0.45
4	0.05	0.08	0.08	0.10	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	-
5	0.02	0.05	0.05	0.12	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30	-
6	-	0.08	0.08	0.15	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30	0.30	0.40	0.50
7	-	0.02	0.03	0.05	0.08	0.12	0.10	0.12	0.10	0.15	0.20	-
8	-	-	0.08	0.10	0.15	0.15	0.20	0.20	0.15	0.25	0.30	-
9	-	-	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.12	0.15	0.10	0.15	-



Tablica 12.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3		
		ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	
20	0.09	0.100	20	0.045	9	0.020	4	0.005	1	0.095	19	0.010	2	
40	0.18	0.285	57	0.150	30	0.125	25	0.200	40	0.215	43	0.110	22	
60	0.27	p	0.560	112	0.310	62	0.265	53	0.155	31	0.400	80	0.330	66
		k	0.555	111	0.380	76	0.295	59	0.180	36	0.405	81	0.320	64
80	0.36	p	0.830	166	0.525	105	1.025	205	0.220	44	0.640	128	0.650	130
		k	0.920	184	1.800	360	0.450	90	0.185	37	0.690	138	1.005	201
100	0.45	p	1.130	226	1.940		0.610	122	0.520	104	0.875	175	1.140	228
		k	1.150	230	1.830		0.625	125	0.530	106	0.890	178	1.105	221
120	0.55	p	1.385	277	1.955		0.815	163	0.700	140	1.135	227	1.230	246
		k	1.365	273	1.485		0.785	157	0.680	136	1.125	225	1.155	231
140	0.64	p	1.610	322	2.570		0.960	192	1.780	356	1.390	278	1.330	266
		k	1.600	320	2.665		0.975	195	0.930	186	1.410	282	2.010	
160	0.73	p	1.920		2.735		1.185	237	1.110	222	1.675	335	2.175	
		k	1.930		2.756		1.195	239	1.130	226	1.700	340	2.175	
180	0.82	p	2.380		2.530		1.385	277	1.375	275	2.020		2.410	
		k	2.480		2.455		1.395	279	1.465	293	2.045		2.400	
200	0.91	p	5.560		1.440		1.575	315	1.930		2.920		1.435	
		k	5.745		1.070		1.645	329	2.025		2.945		1.400	

p - początek cyklu
k - koniec cyklu

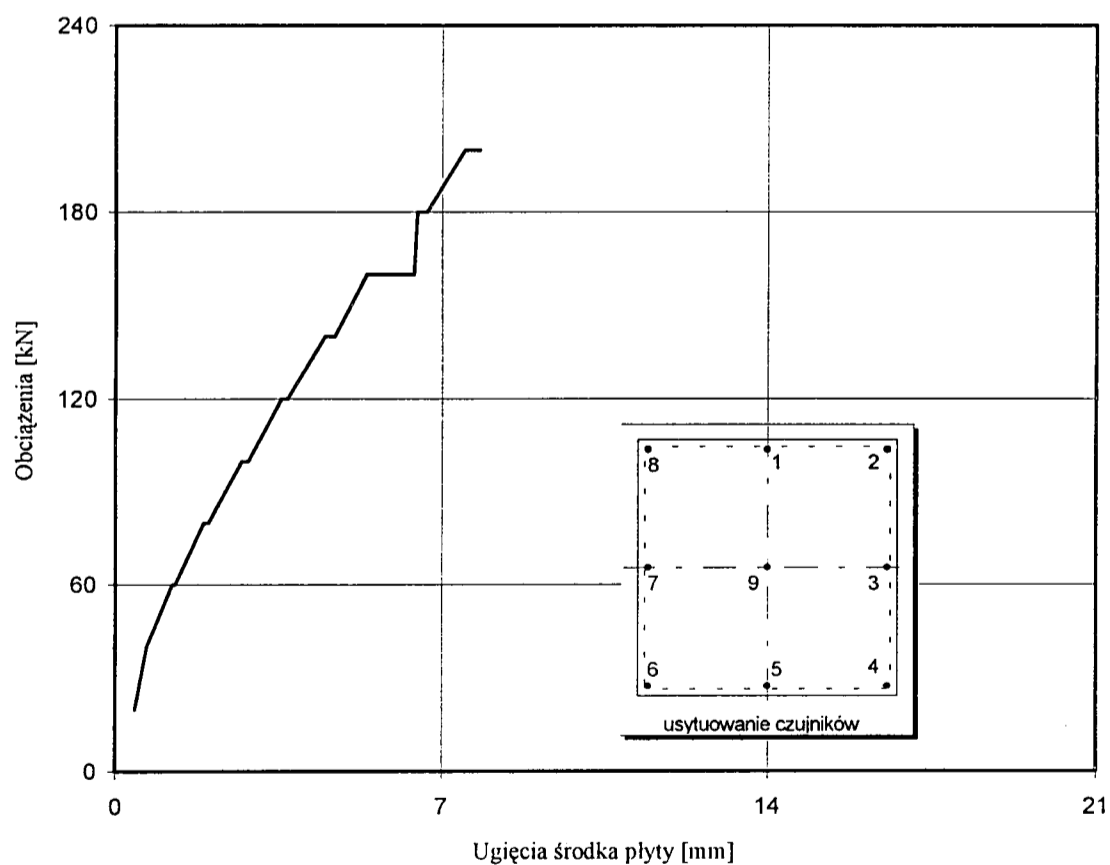


Tablica 12.2. Przemieszczenia płyty

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7 [mm]	ugięcie [mm]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]													
20	0.09	0.55	1.01	0.85	0.12	0.33	0.33	1.19	1.72	1.15	0.73	0.42	
40	0.18	p	2.81	1.74	1.76	0.44	1.01	0.74	2.17	2.87	2.60	1.93	0.66
		k	2.87	1.74	1.80	0.44	1.05	0.76	2.24	2.91	2.65	1.99	0.66
60	0.27	p	3.76	2.21	2.52	0.58	1.49	0.93	2.96	3.71	3.90	2.68	1.21
		k	3.81	2.18	2.55	0.58	1.52	0.94	3.01	3.74	4.00	2.72	1.27
80	0.36	p	4.63	2.58	3.22	0.65	1.89	1.07	3.70	4.41	5.25	3.36	1.89
		k	4.68	2.54	3.26	0.67	1.94	1.11	3.76	4.45	5.40	3.41	1.99
100	0.45	p	5.38	2.89	3.85	0.71	2.22	1.21	4.31	4.92	6.65	3.94	2.71
		k	5.46	2.86	3.90	0.72	2.28	1.21	4.38	4.97	6.85	4.00	2.84
120	0.54	p	6.03	3.16	4.41	0.75	2.51	1.26	4.84	5.32	8.00	4.44	3.55
		k	6.12	3.13	4.46	0.76	2.57	1.29	4.92	5.37	8.20	4.51	3.68
140	0.64	p	6.61	3.34	4.92	0.75	2.79	1.36	5.35	5.62	9.40	4.91	4.48
		k	6.70	3.32	4.99	0.73	2.89	1.38	5.43	5.66	9.70	5.00	4.69
160	0.73	p	7.11	3.50	5.37	0.73	3.04	1.38	5.75	5.88	10.70	5.31	5.38
		k	7.20	3.51	5.45	0.74	3.09	1.39	5.81	5.93	11.00	5.73	6.40
180	0.82	p	7.62	3.68	5.87	0.74	3.27	1.40	6.16	6.13	12.20	5.73	6.47
		k	7.73	3.69	5.97	0.75	3.33	1.41	6.24	6.19	12.50	5.81	6.68
200	0.91	p	8.10	3.81	6.32	0.73	3.49	1.41	6.53	6.34	13.60	6.11	7.49
		k	8.24	3.83	6.45	0.73	3.56	1.39	6.69	6.40	14.05	6.23	7.81

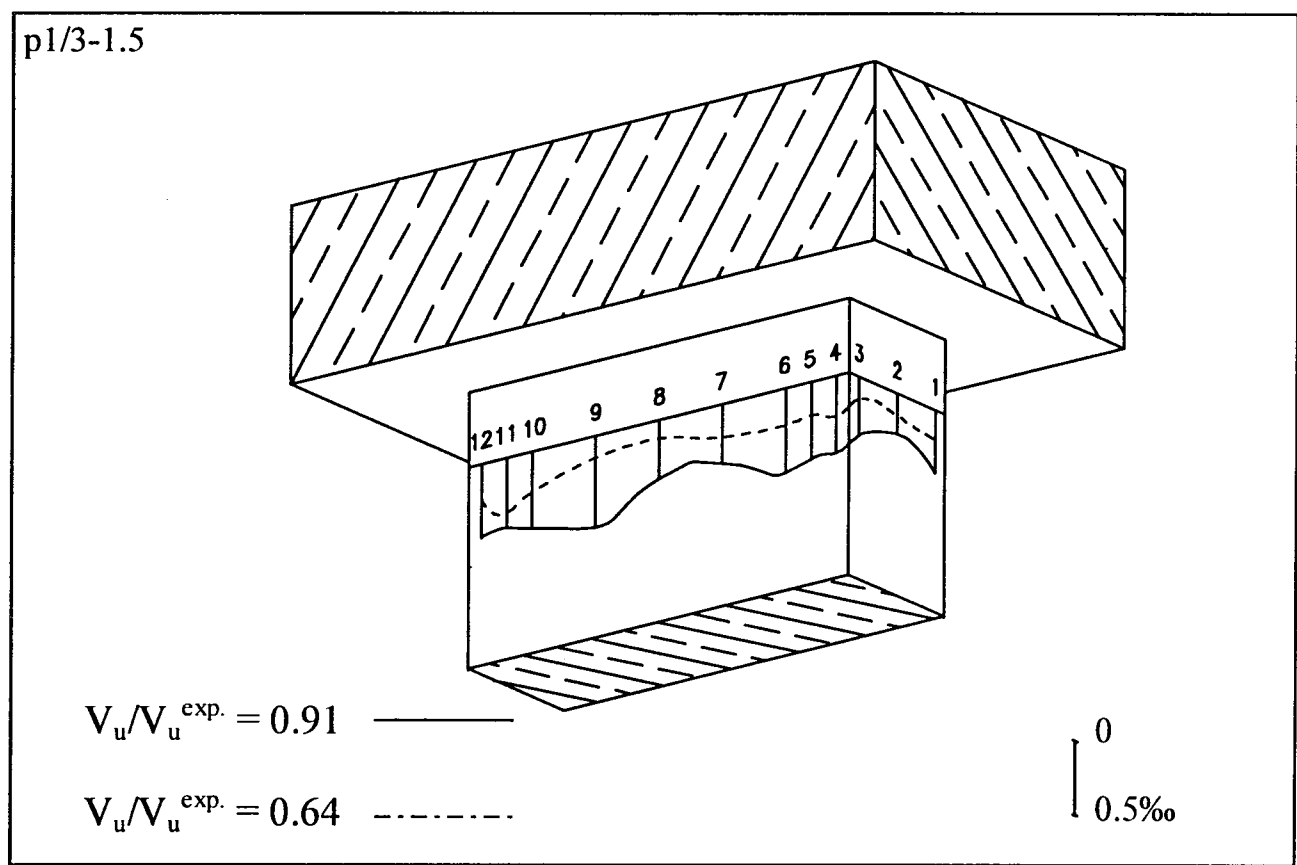
p - początek cyklu

k - koniec cyklu



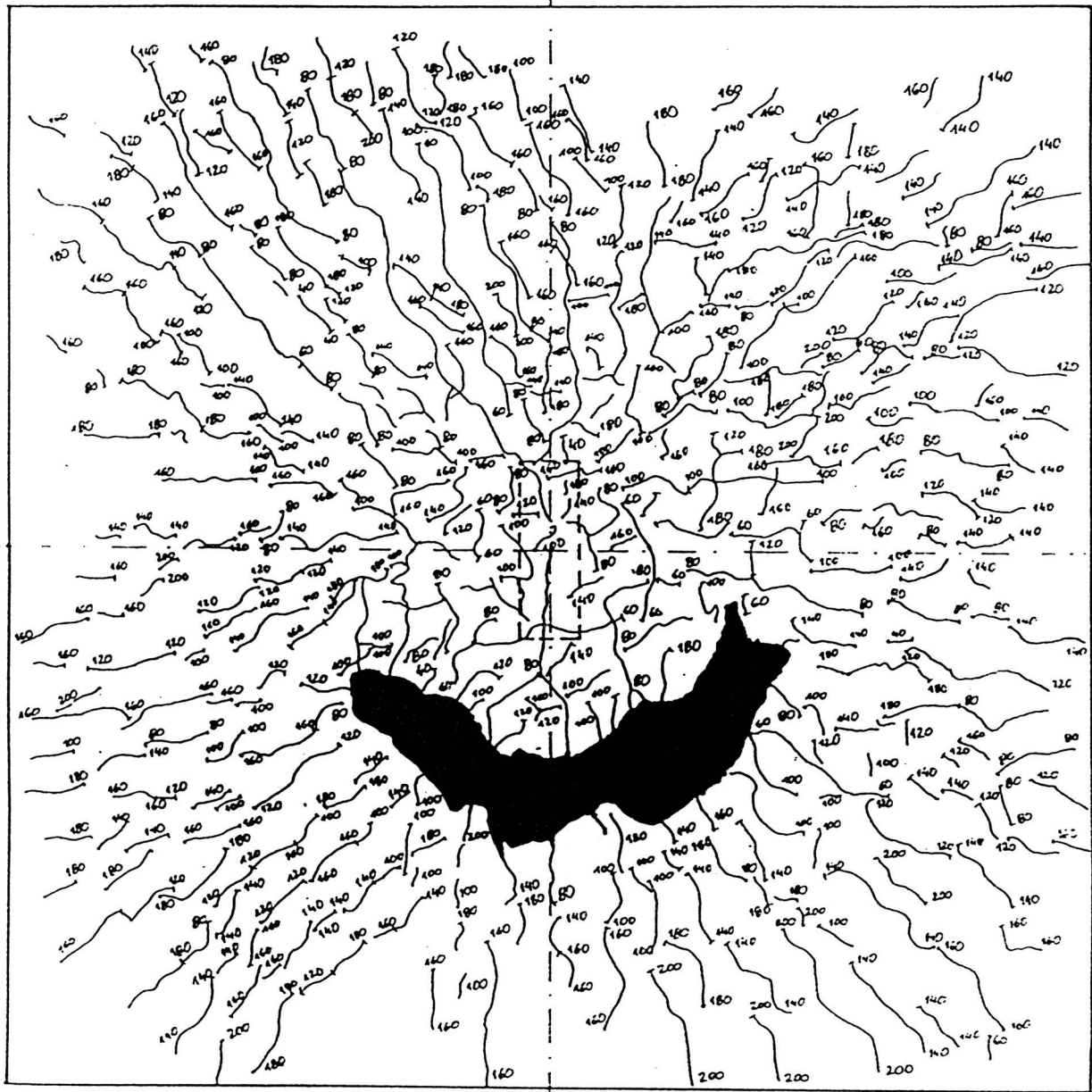
Tablica 12.3 Odkształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
20	0.09	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.024	0.02	0.02	0.05	0.05		
40	0.18	0.02	0.05	0.02	0.02	0.07	0.10	0.07	0.024	0.05	0.07	0.10	0.05		
60	0.27	0.05	0.05	0.00	0.07	0.12	0.10	0.12	0.048	0.00	0.02	0.10	0.07		
80	0.36	0.10	0.10	0.05	0.10	0.12	0.12	0.12	0.073	0.00	0.02	0.17	0.07		
100	0.45	0.07	0.10	0.05	0.10	0.12	0.10	0.07	0.122	0.02	0.02	0.17	0.07		
120	0.54	0.15	0.10	0.12	0.17	0.27	0.20	0.22	0.147	0.12	0.29	0.22	0.15		
140	0.64	0.20	0.15	0.15	0.27	0.22	0.25	0.22	0.122	0.15	0.27	0.37	0.25		
160	0.73	0.27	0.17	0.25	0.39	0.25	0.29	0.32	0.171	0.22	0.27	0.37	0.34		
180	0.82	0.32	0.22	0.30	0.39	0.34	0.32	0.42	0.343	0.44	0.51	0.44	0.39		
200	0.91	0.42	0.27	0.39	0.51	0.51	0.56	0.39	0.392	0.61	0.51	0.47	0.49		



Tablica 12.4. Szerokości rozwarcia rys

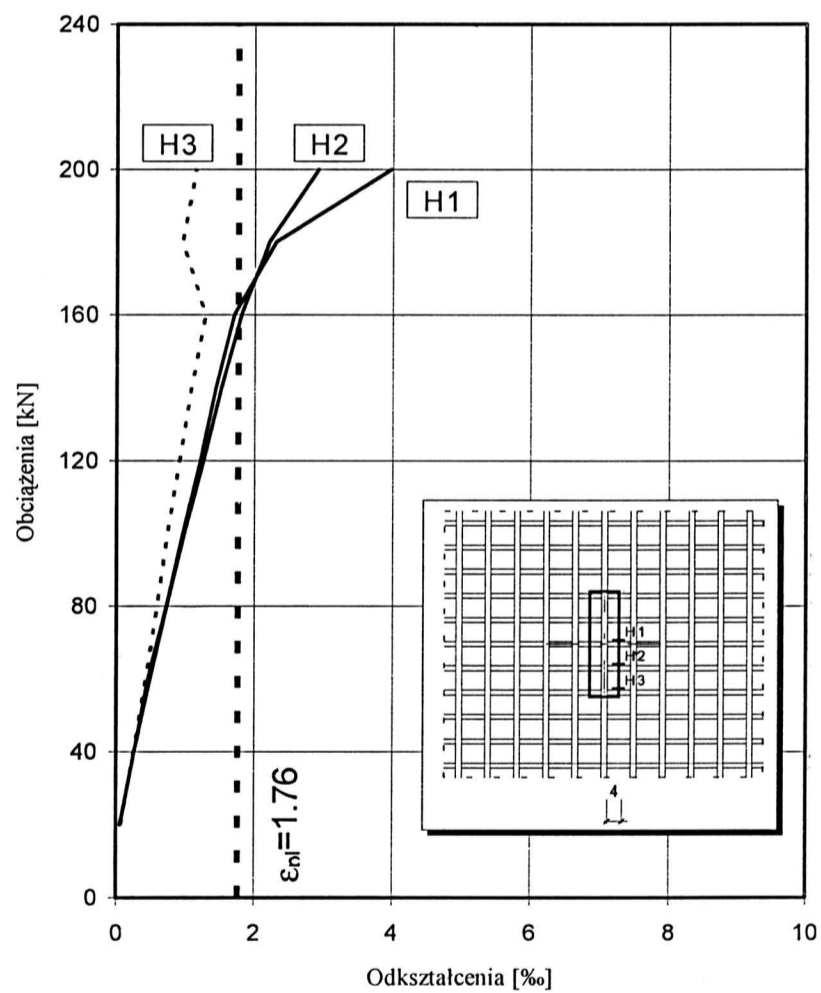
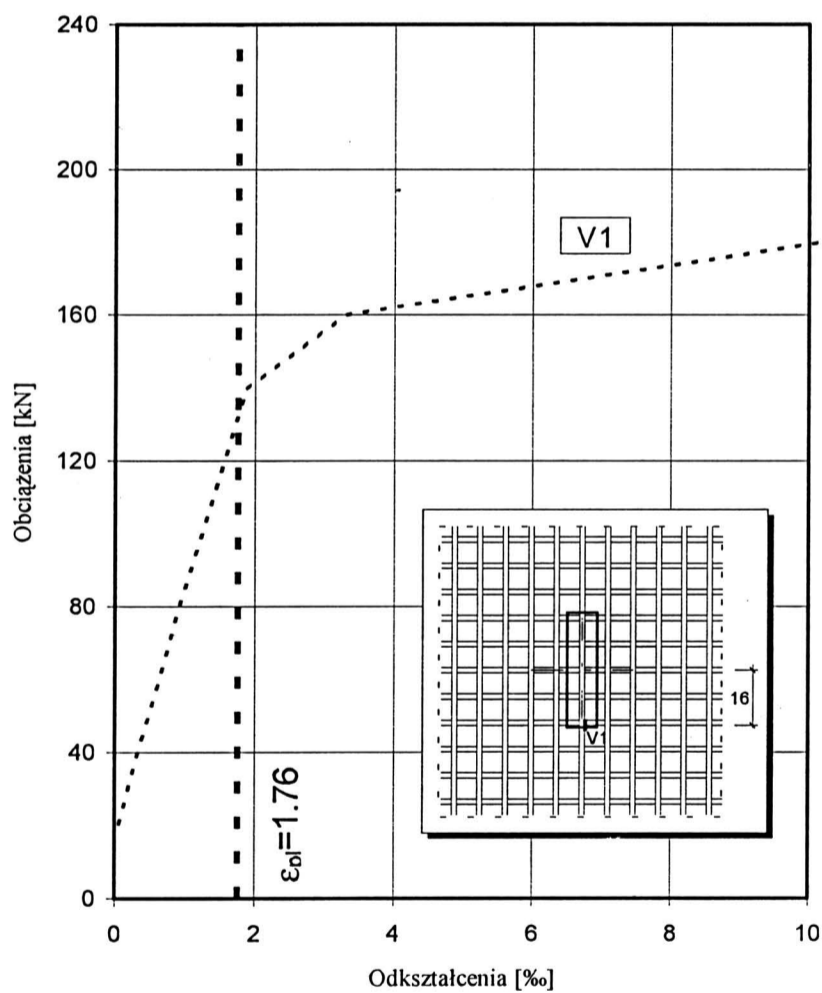
Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy								
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V/V_u^{exp.}}$								
	60	80	100	120	140	160	180	200	
	0.27	0.36	0.45	0.55	0.64	0.73	0.82	0.91	
1	0.02	0.05	0.08	0.12	0.20	0.25	0.30	0.40	
2	0.02	0.05	0.05	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15	
3	0.02	0.02	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	
4	-	-	-	-	0.25	0.30	0.40	0.50	



Tablica 13.1 Odształcenia i naprężenia w zbrojeniu

V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	V_1		V_2		V_3		H_1		H_2		H_3	
		ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]	ϵ [%o]	σ [MPa]
20	0.10	0.060	12					0.055	11	0.060	12	0.070	14
40	0.19	0.330	66					0.260	52	0.260	52	0.250	50
60	0.29	0.640	128					0.460	92	0.490	98	0.425	85
80	0.38	0.920	184					0.720	144	0.730	146	0.590	118
100	0.48	1.250	250					0.960	192	0.980	196	0.740	148
120	0.57	1.570	314					1.210	242	1.260	252	0.910	182
140	0.67	1.880						1.435	287	1.520	304	1.080	216
160	0.76	3.300						1.705	314	1.810		1.285	257
180	0.86	10.200						2.310		2.210		0.950	190
200	0.95							3.980		2.925		1.150	230

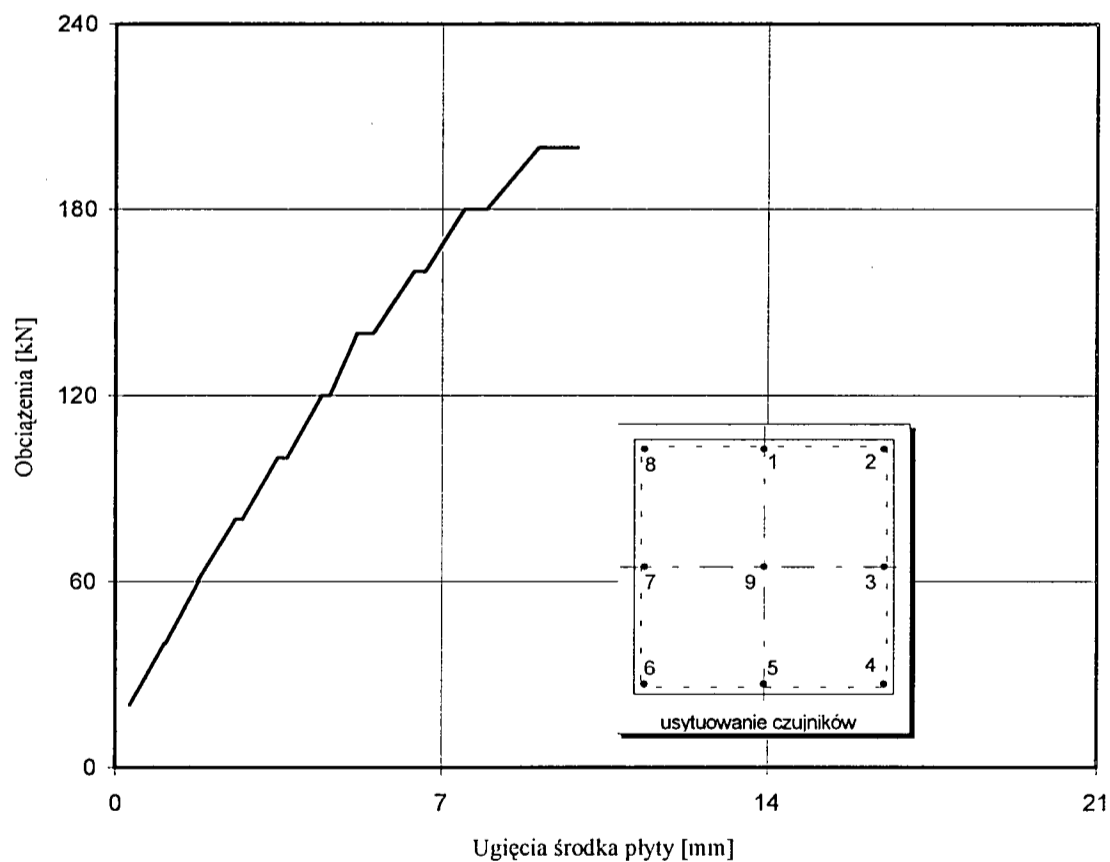
p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 13.2. Przemieszczenia płyty

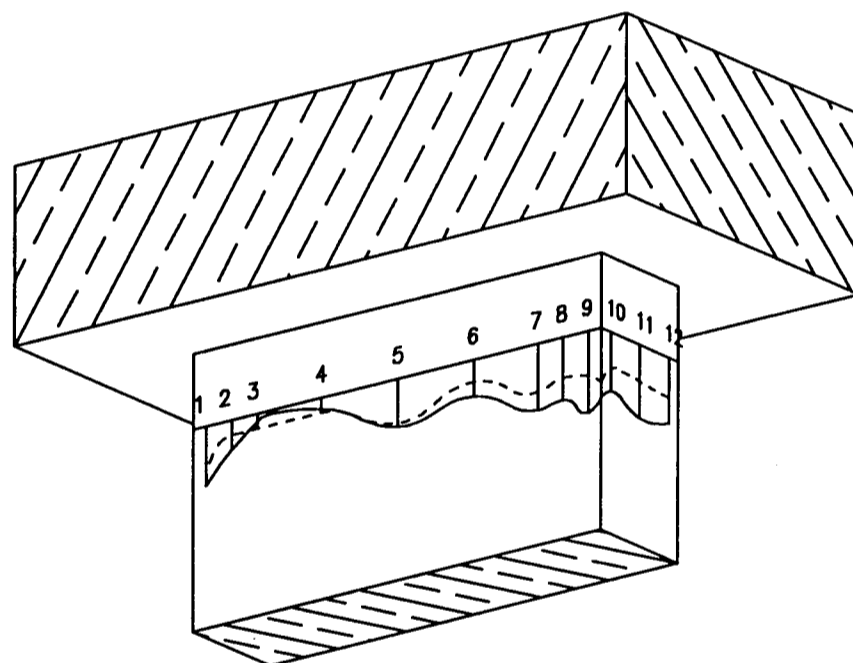
V_u	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	Przemieszczenia [mm]									średnia 1, 3, 5, 7	ugięcie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
[kN]											[mm]	[mm]	
20	0.09	1.83	1.20	0.35	0.05	0.18	0.18	1.19	1.99	1.20	0.88	0.31	
40	0.19	p	4.09	2.45	2.01	1.00	1.25	0.63	2.86	4.20	3.60	2.55	1.04
		k	4.21	2.42	2.05	1.01	1.30	0.65	2.95	4.30	3.70	2.62	1.07
60	0.28	p	5.40	2.96	3.00	1.37	1.87	0.95	4.19	5.68	5.40	3.61	1.78
		k	5.54	2.92	3.07	1.36	1.92	0.97	4.64	5.75	5.55	3.79	1.75
80	0.38	p	6.40	3.21	3.74	1.56	2.34	1.19	5.24	6.70	7.00	4.43	2.57
		k	6.53	3.15	3.81	1.59	2.41	1.23	5.38	5.82	7.25	4.53	2.71
100	0.48	p	7.33	3.40	4.41	1.73	2.74	1.44	6.27	7.62	8.65	5.18	3.46
		k	7.50	3.36	4.53	1.76	2.84	1.55	6.47	7.74	9.00	5.33	3.66
120	0.57	p	8.19	3.63	5.08	1.85	3.10	1.77	7.18	8.31	10.30	5.88	4.41
		k	8.35	3.67	5.19	1.89	3.18	1.69	7.35	8.39	10.60	6.01	4.58
140	0.67	p	8.94	3.99	5.72	1.99	3.39	1.77	7.88	8.76	11.65	6.48	5.16
		k	9.11	4.02	5.88	2.02	3.49	1.81	8.04	8.82	12.15	6.63	5.52
160	0.76	p	9.72	4.38	6.42	2.11	3.70	1.86	8.56	9.13	13.50	7.10	6.40
		k	9.86	4.42	6.56	2.13	3.78	1.88	8.67	9.13	13.85	7.21	6.63
180	0.86	p	10.52	4.81	7.14	2.18	4.01	1.92	9.20	9.44	15.20	7.11	7.48
		k	10.66	4.86	7.26	2.19	4.09	1.93	9.37	9.47	15.80	7.84	7.95
200	0.95	p	11.32	5.26	7.83	2.20	4.32	1.91	9.85	9.70	17.40	8.33	9.07
		k	11.55	5.29	8.01	2.18	4.42	1.90	10.00	9.71	18.40	8.49	9.90

p - początek cyklu
k - koniec cyklu



Tablica 13.3 Odształcenia słupa

V_u [kN]	$\frac{V_u}{V_u^{exp.}}$	1 ϵ [‰]	2 ϵ [‰]	3 ϵ [‰]	4 ϵ [‰]	5 ϵ [‰]	6 ϵ [‰]	7 ϵ [‰]	8 ϵ [‰]	9 ϵ [‰]	10 ϵ [‰]	11 ϵ [‰]	12 ϵ [‰]	13 ϵ [‰]	14 ϵ [‰]
20	0.09	0.07	0.10	0.05	0.03	0.05	0.00	0.03	0.00	0.05	0.05	0.00	0.03		
40	0.18	0.05	0.05	0.05	0.00	0.17	0.00	0.03	0.05	0.07	0.07	0.05	0.10		
60	0.28	0.05	0.10	0.05	0.00	0.10	0.03	0.07	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10		
80	0.38	0.10	0.10	0.05	0.00	0.03	0.05	0.12	0.17	0.15	0.10	0.15	0.12		
100	0.48	0.12	0.15	0.05	0.03	0.15	0.12	0.15	0.25	0.17	0.17	0.15	0.17		
120	0.57	0.25	0.10	0.05	0.07	0.15	0.12	0.27	0.25	0.22	0.20	0.22	0.22		
140	0.67	0.37	0.10	0.10	0.10	0.29	0.15	0.32	0.27	0.29	0.25	0.25	0.27		
160	0.76	0.39	0.15	0.10	0.10	0.32	0.15	0.34	0.32	0.39	0.29	0.27	0.34		
180	0.86	0.37	0.12	0.10	0.10	0.29	0.17	0.34	0.42	0.47	0.32	0.42	0.39		
200	0.95	0.39	0.20	0.05	0.07	0.32	0.25	0.44	0.42	0.54	0.39	0.49	0.44		



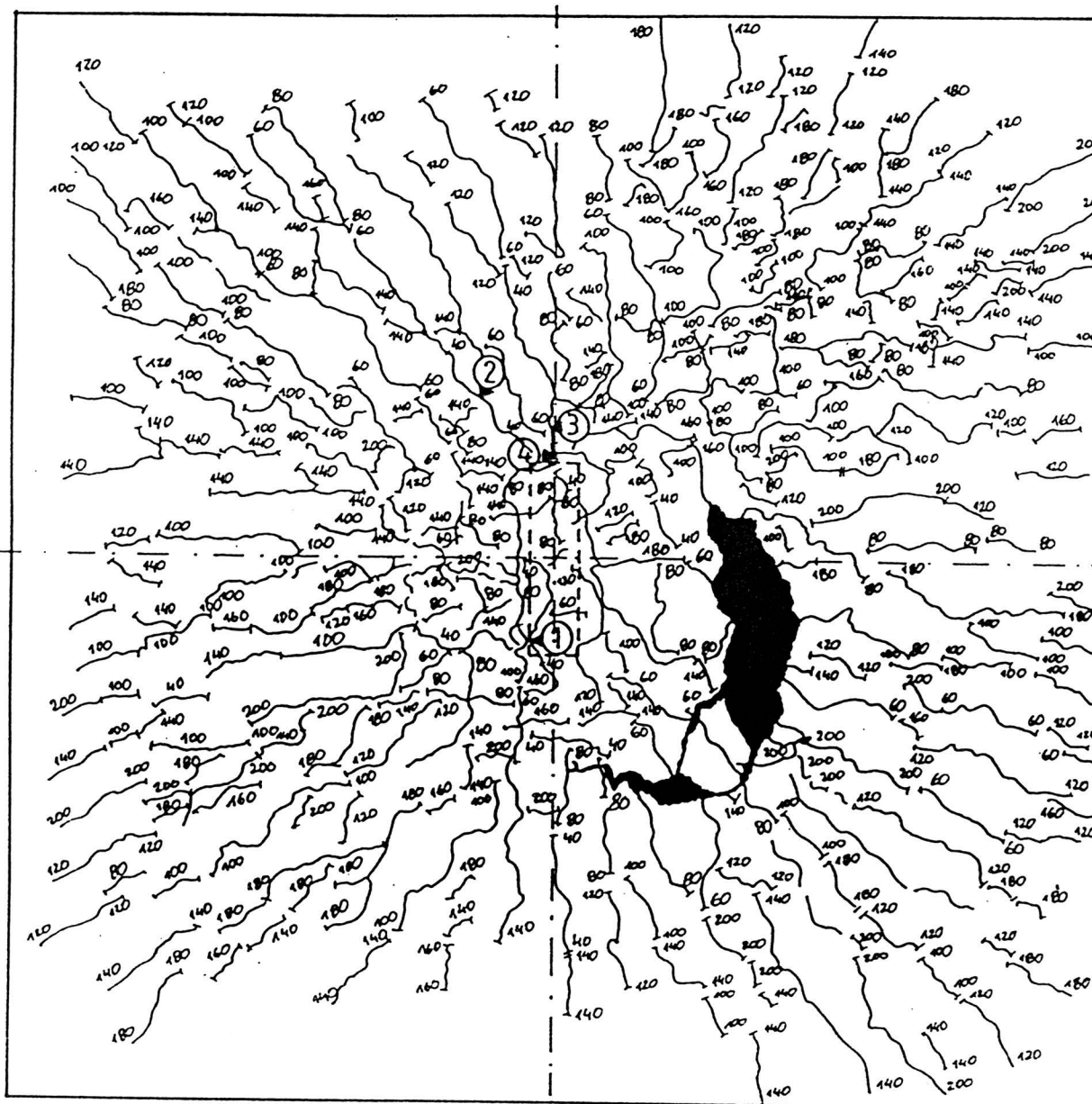
$V_u/V_u^{exp.} = 0.95$ ———

$V_u/V_u^{exp.} = 0.67$ - - - - -

0
|
0.5‰

Tablica 13.4 Szerokości rozwarcia rys

Miejsce pomiaru	Szerokość rozwarcia rys [mm] przy									
	obciążeniu $\frac{V \text{ [kN]}}{V / V_u^{\text{exp.}}}$									
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
	0.19	0.29	0.38	0.48	0.57	0.67	0.76	0.86	0.95	
1	0.10	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	
2	0.05	0.07	0.10	0.15	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30	
3	-	-	0.20	0.20	0.30	0.35	0.50	0.50	0.65	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	



Poprzednio wydane zeszyty:

1. Czkwianianc A., Kamińska M., *Badania monolitycznych węzłów żelbetowych ram portalowych*, Ułańska D., *Badania jednoprzęsłowych tarcz ze wspornikami*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 1, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej, Łódź 1991.
2. Czkwianianc A., Kamińska M., *Badania monolitycznych ram portalowych obciążonych silami pionowymi lub poziomymi*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 2, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1993.