

K. Jamboliew, J. Kasperkiewicz

**WYNIKI POMIARÓW ODKSZTAŁCEŃ
WEWNĄTRZ ŚCISKANEGO
WALCA BETONOWEGO**

33/1968

WARSZAWA



Na prawach rękopisu
Do użytku wewnętrznego

Zakład Mechaniki Ośrodków Ciągłych IPPT PAN
Nakład 180 egz. Ark. wyd. 4,4. Ark. druk. 3,25
Oddano do drukarni w grudniu 1968 r.
Wydrukowano w lutym 1969 r. Nr zam. 1066/0/68

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa,
ul. Śniadeckich 8

Wyniki pomiarów odkształceń
wewnątrz ściskanego walca betonowego

Konstantin Jamboliew, Janusz Kasperkiewicz

1. Wstęp

Doświadczenia będące przedmiotem niniejszej publikacji wykonano w końcu roku 1967 w Warszawie. Ich celem było zmierzenie rzeczywistego pola tensora odkształcenia wewnątrz ściskanego walca betonowego.

Organizacją badań zajęła się Pracownia Teorii Konstrukcji Zakładu Mechaniki Ośrodków Ciągłych Instytutu Podstawowych Problemów Techniki P.A.N. Temat jest opracowywany w ramach współpracy Polskiej i Bułgarskiej Akademii Nauk.

Większą część przyrządów pomiarowych i aparatury wykonano bądź przygotowano w I.P.F.T. Fabrykacja próbek, ich pielęgnowanie, obciążanie i pomiary miały miejsce w Instytucie Techniki Budowlanej i były wykonane przez pracowników I.P.F.T. i Zakładu Mostów Betonowych Politechniki Warszawskiej. Sprężenie próbki wykonała ekipa inżyniera Seweryna Wróblewskiego z Katedry Konstrukcji Sprężanych

i Prefabrykacji Politechniki Warszawskiej.

2. Cel pomiarów

Badania dotyczyły pomiaru odkształceń walca \emptyset 45 x 100 cm, wykonanego z betonu. Zrealizowano dwa stany obciążenia: ściskanie osiowe oraz ściskanie osiowe przy działającym ciśnieniu bocznym, uzyskanym poprzez sprężenie. Odkształcenia wewnątrz i na powierzchni próbki mierzono za pomocą tensometrów elektrooporowych.

Celem pomiarów było wyznaczenie rzeczywistych pól składowych tensora odkształcenia oraz ich wartości i kierunków głównych. Badania miały umożliwić wyznaczenie związków pomiędzy odkształceniami powierzchniowymi i polem odkształceń wewnętrznych, oraz sprawdzenie niejednorodności odkształceniowej.

Zmierzone pola odkształceń mogą być porównane z polami wyznaczonymi teoretycznie. Rozwiązanie takie może być np. znalezione w założeniach teorii sprężystości.

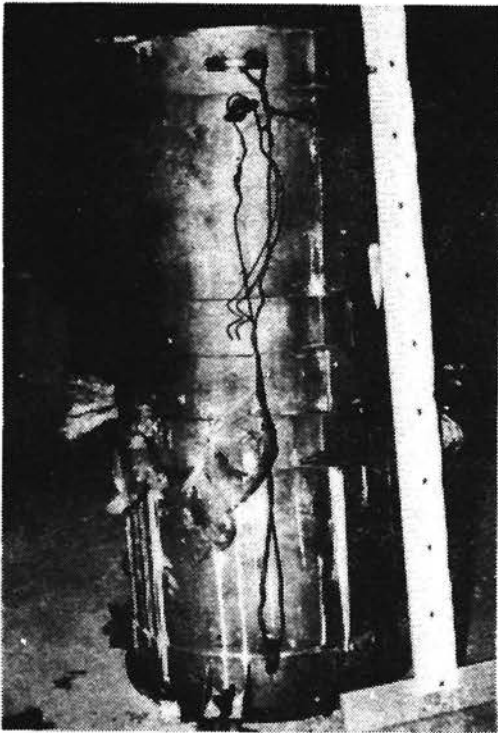
3. Opis próbki niesprężonej

3.1. Beton

Obie próbki, czynna i kompensacyjna, przygotowane zostały z betonu o jednakowym składzie i takiej samej konsystencji. Ze względu na stosowane urządzenia tensometryczne, posiadające najmniejszą długość pomiarową 7 cm, wymiar użytego kruszywa ograniczono do 2 cm. W 1000 litrach betonu były zawarte następujące składniki:

piasek wiślany	455 kG
kruszywo bazaltowe 2/5 mm	206 kG
-"- -"- 5/8 mm	515 kG
-"- -"- 8/12mm	824 kG
cement portlandzki	430 kG
woda	175 l

Skrećana z czterech części forma stalowa /rys. 1/ ustawiona



Rys.1. Forma stalowa przed zabe-
tonowaniem

została na stole wibracyj-
nym. Po rozmieszczeniu skład-
ników w betoniarence, masa
betonowa układana była
w formie ręcznie. Rozwiąza-
nie takie podyktowane zos-
tało koniecznością bardzo
ostrożnego wypełniania
środkowej strefy walca, za-
wierającej delikatne urzą-
dzenia pomiarowe.

W trakcie układania
betonu kilkakrotnie urucha-
miano urządzenie wibracyjną
przy czym łączny czas jego
pracy nie przekraczał 10
minut. Po ostatnim włącze-
niu górna powierzchnia

próbki została zatarta kielnią na gładko.

Wykonano dwie próbki zawierające urządzenia pomiarowe i jedną

próbkę pełną - bez sond. Ponadto przygotowano po 12 walców próbnych \emptyset 16 x 16 cm.

Specjalne wkładki drewniane umieszczone przy ścianie formy zapewniły powstanie wnęk do naklejenia blaszek nośnych dla tensometrów powierzchniowych.

Przewody od urządzeń pomiarowych wyprowadzono z form poprzez specjalne otwory uszczelnione plasteliną. Zabezpieczenie to pozwoliło zmniejszyć ilość wyciekającego z próbki mleczka cementowego.

Po zabetonowaniu próbki przechowywano przez 24 godziny w formie, po czym rozformowano je i umieszczono w workach polietylenowych. Woda znajdująca się na dnie worków utrzymywała wilgotność powietrza bliską stanowi nasycenia. Małe próbki kontrolne były przechowywane w warunkach analogicznych.

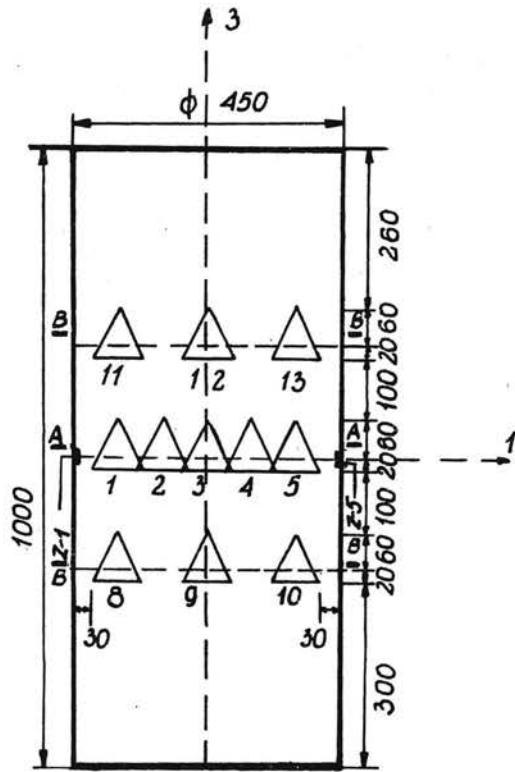
Średnia wytrzymałość, zmierzona na walcach \emptyset 16 x 16 cm, po 14 dniach od chwili wykonania betonu, wynosiła:

w przypadku I-szej próbki	340 kg/cm ²
w przypadku II-giej próbki	384 kg/cm ²

Waga każdej z dużych próbek wynosiła ok. 380 kg. Próbki w hali laboratoryjnej przewożono za pomocą wózka elektrycznego lub suwnicy. W tym ostatnim przypadku liny nośne mocowano do pierścieni wkręcanych w kotwy stalowe, które zostały zabetonowane w pobliżu obu podstaw walca.

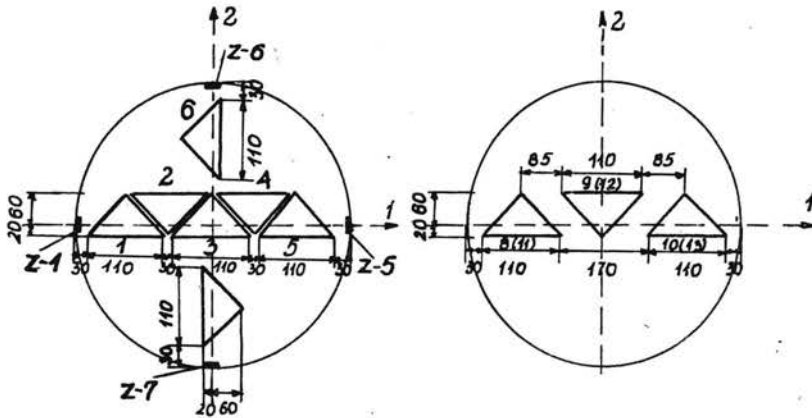
3.2. Kształt próbki i rozmieszczenie urządzeń pomiarowych

Próbka ma kształt cylindra \emptyset 45 x 100 cm /rys. 2/. W części środkowej, w trzech warstwach jak na rysunku, rozmieszczono 13



Przekrój AA

Przekrój BB

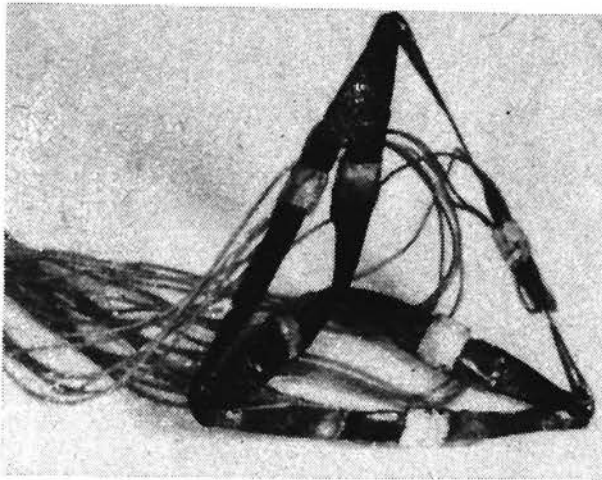


Rys.2. Wymiary próbki i rozmieszczenie sond pomiarowych

urządzeń do pomiaru sześciu składowych odkształcenia - tzw. sond do betonu. W warstwie środkowej znajduje się 7 sond, oznaczonych numerami 1 do 5 wzdłuż jednej średnicy, numerami 6 i 7 w kierunku prostopadłym, i w warstwach skrajnych po 3 sondy. W czterech punktach na powierzchni bocznej walca naklejono tensometry zewnętrzne - oznaczenie: Z-1, Z-5, Z-6, Z-7.

Szczegóły konstrukcji sondy do betonów opisano w publikacjach [1], [2] oraz [3]. Należy przypomnieć, że bezpośrednie pomiary na kierunkach ramion sondy /rys. 3/, umożliwiają określenie wszystkich sześciu składowych tensora odkształcenia, w danym punkcie wewnątrz betonu.

Na rys. 2 pokazano również układ osi odniesienia, które przyjęto w oznaczeniach poszczególnych składowych tensora odkształcenia.



Rys.3. Sonda do betonu

Tensometry, zarówno zastosowane przy produkcji sond jak i tensometry powierzchniowe, były produkcji polskiej - typ RL - 120. Mostki tensometryczne i skrzynki rozdzielcze również wykonano w kraju /produkcja Z.K.T.R., typ T-2/.

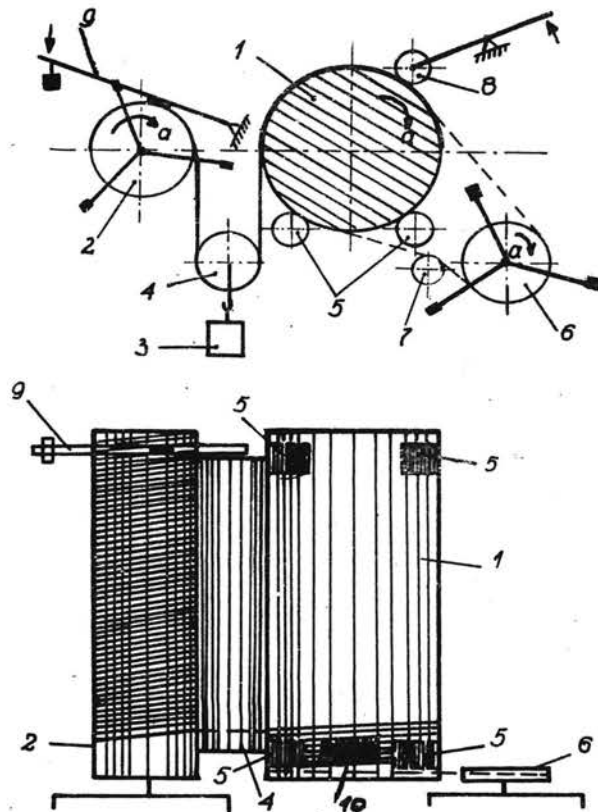
Po przeprowadzeniu pierwszego cyklu odczytów pod obciążeniem, będzie to omówione dokładniej w dalszej części publikacji, próbka została sprężona poprzez owinięcie drutem sprężającym naciągniętym z siłą 145 kG. Po sprężeniu próbkę ponownie obciążono i wykonano serię odczytów.

Druga próbka, posiadająca analogiczny kształt i rozmieszczenie sond, służyła jako próbka kompensacyjna. W czasie pomiarów znajdowała się ona obok prasy w której ściskano próbkę pierwszą /patrz rys. 6/. Pozwoliło to utrzymać tensometry czynne i kompensacyjne w analogicznych warunkach termicznych.

4. Sprężenie próbki

Po 28 dniach od chwili zabetonowania i po wykonaniu serii pomiarów przy obciążeniu osiowym, próbka została sprężona przez owinięcie jej drutem stalowym \varnothing 1,5 mm, naciągniętym z siłą 145 kG. Skok drutu sprężającego wynosił 4,5 mm.

Przebieg sprężenia ilustruje rys. 4. Próbka walcowa /1/ została ułożona na rolkach gumowych /5/ i połączona pasem klinowym z kołem napędowym /6/. Celem zapobieżenia poślizgowi pasa na powierzchni próbki, jego naciąg zwiększała rolka napinająca /7/, a zębate koło dociskowe /8/ przyciskało pas do powierzchni walca, która w tym miejscu została lekko obtłuczona młotkiem.



- 1 próbka walcowa
- 2 zasobnik drutu sprężającego
- 3 ciężar sprężający
- 4 blok podwieszenia ciężaru
- 5 nośne rolki gumowe
- 6 napędowe koło klinowe
- 7 rolka napinająca
- 8 koło dociskowe, zębate
- 9 hamulec zasobnika
- 10 połączenie lutowane

Rys.4. Schemat wykonania sprężenia próbki

Równoległe do próbki umieszczono walec o średnicy trzy razy mniejszej /2/, spełniający rolę zasobnika drutu sprężającego. Drut ten przechodził na próbkę za pośrednictwem krążka /4/, na którym zawieszono blok stalowy 289,5 kg /3/. Przy wykorzystaniu hamulca ciernego /9/, walec /2/ obracano z opóźnieniem w stosunku do walca /1/. Pozwoliło to na przewinięcie całego zapasu drutu zmagazynowanego na zasobniku, przy zachowaniu wymaganego naciągu.

Zakotwienie drutu sprężającego osiągnięto wykorzystując tarcie kilku dodatkowych zwojów wykonanych na częściach skrajnych próbki. Zwoje te połączono zalewając je w jednym miejscu warstwą cyny.

Na czas sprężania wszystkie przewody od urządzeń pomiarowych z wnętrza próbki zostały ucięte i po zakończeniu sprężania przylutowane na nowo. Rys. 5 przedstawia walec w trakcie sprężania.



Rys.5. Próbką w trakcie sprężania

5. Sposób przeprowadzenia pomiarów

Próbkę badano dwukrotnie: - przed i po sprężeniu, wykorzystując do tego celu prasę 1000 tonnową, widoczną na rysunkach 6, 7 i 8.

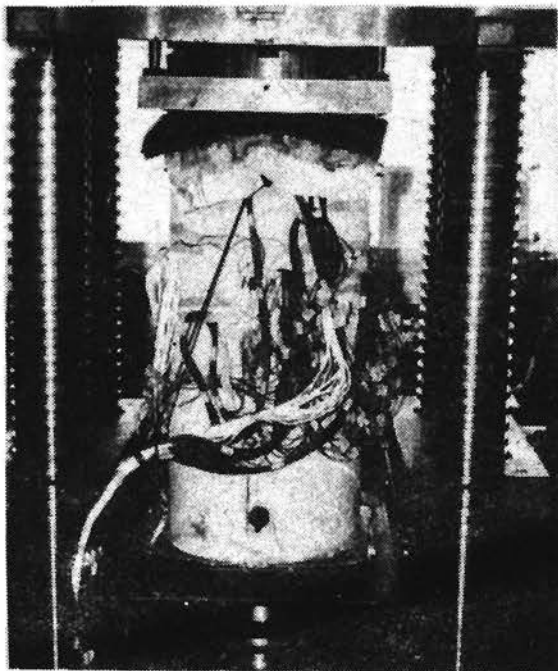


Rys.6. Obciążanie próbki; widoczna część próbki kompensacyjnej

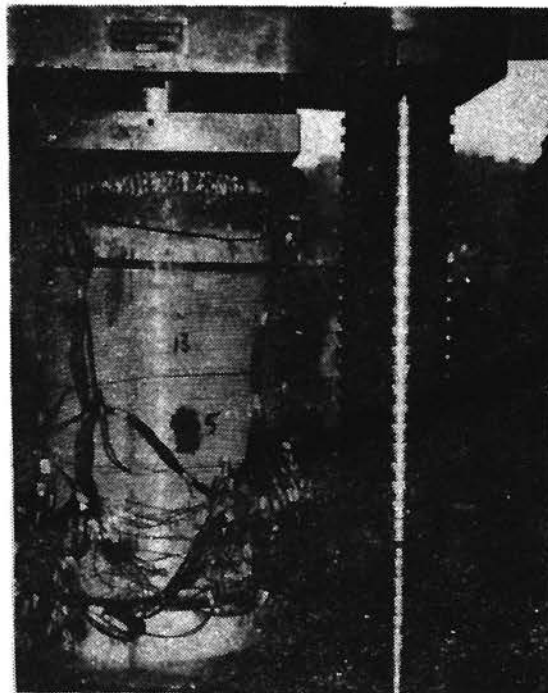
Sam pomiar poprzedzony był bardzo pracochłonnymi czynnościami przygotowawczymi, które obejmowały:

- naklejanie tensometrów zewnętrznych,
- przylutowanie przewodów doprowadzających,
- oznaczenie poszczególnych przewodów,
- przyłączenie przewodów do skrzynek rozdzielczych i kontrola lutowania.

Duża pracochłonność wynikała przede wszystkim ze znacznej liczby użytych tensometrów - łącznie 320 sztuk.



Rys.7. Próbkę w prasie - obciążanie
przed sprężeniem



Rys.8. Próbkę w prasie - obciążanie
po sprężeniu

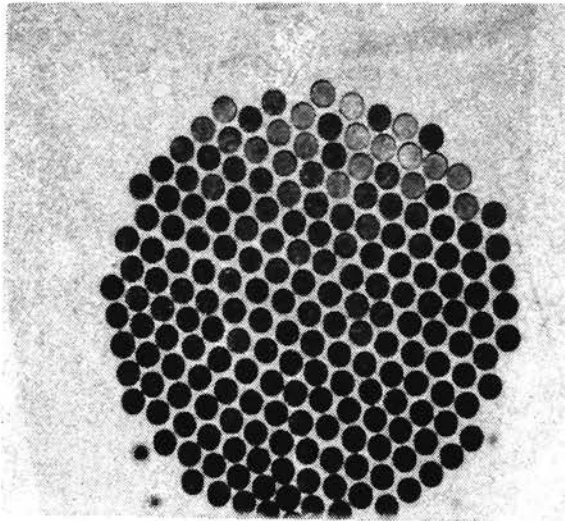
Przy pomiarach wykorzystano 8 skrzynek rozdzielczych i 4 mostki tensometryczne. Przy prowadzeniu odczytów zatrudnionych było jednocześnie ok. 10 osób.

Przed właściwym badaniem próbkę obciążano ok. 15 razy, co miało na celu utwardzenie betonu. Wszystkie stosowane później obciążenia nie przekraczały jednej trzeciej wytrzymałości betonu.

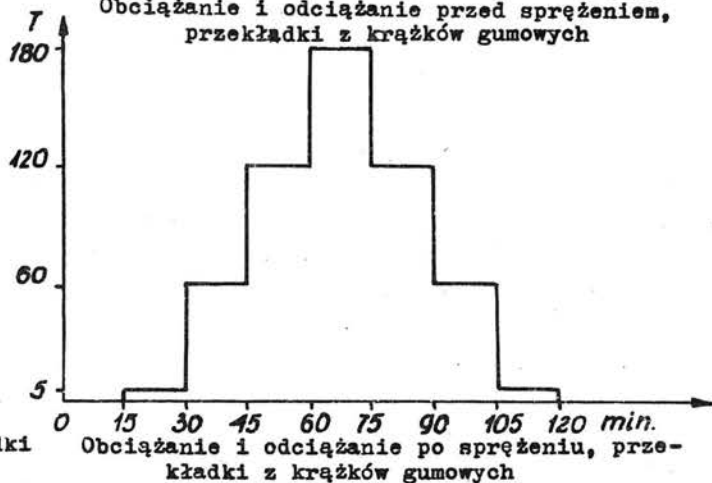
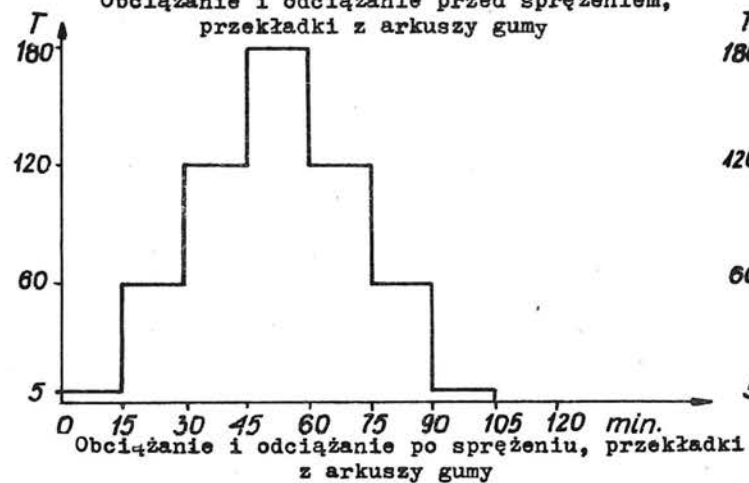
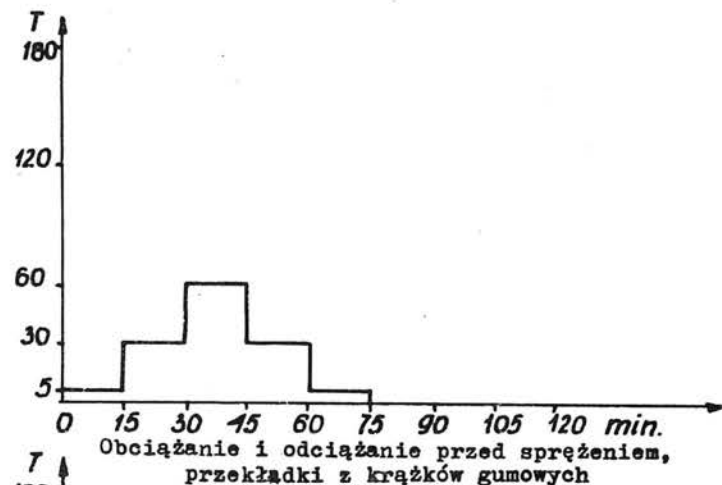
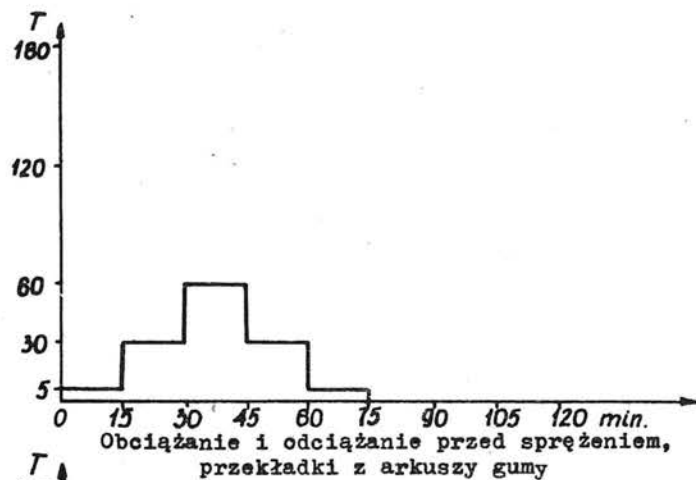
Obciążenie zasadnicze zaprogramowano według schematów pokazanych na rys. 10. Stosowano trzy rodzaje przekładek umieszczanych pomiędzy szczękami maszyny i walcem. Były to:

- 4 warstwy gumy o grubości 4 mm /arkusze/,
- jedna warstwa krążków gumowych \varnothing 3 cm, o grubości jak wyżej /rys. 9/,
- papier kilkakrotnie zanurzony w parafinie.

Przekładki te umożliwiają ocenę wpływu jakości na wyniki może mieć



Rys.9. Przekładka z krążków gumowych



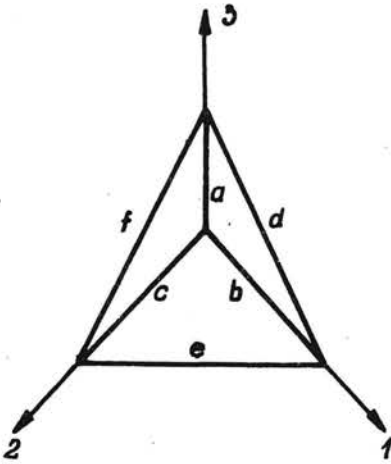
Rys.10. Schematy obciążeń walca przed i po sprężeniu

sposób przyłożenia siły przy ściskaniu próbki.

Odczyty przy sile 0 i 5 ton prowadzono celem wyeliminowania błędu, który mógłby wynikać przy niewłaściwym przyjęciu zera pomiarowego.

6. Wyniki pomiarów i ich opracowanie

Ze względu na zastosowaną aparaturę, wszystkie odczyty zapisy-



wane były ręcznie przez osoby prowadzące badania, na specjalnie przygotowanych formularzach. Formularze te były podstawą do dalszych opracowań obejmujących:

- obliczanie odkształceń poszczególnych tensometrów,
- obliczanie składowych tensora odkształcenia w bazie krótszych krawędzi sondy;

/rys. 11/,

- obliczanie składowych tensora odkształcenia w kierunkach głównych próbki.

/rys. 12/.

$$\epsilon_{11} = \epsilon_b$$

$$\epsilon_{22} = \epsilon_c$$

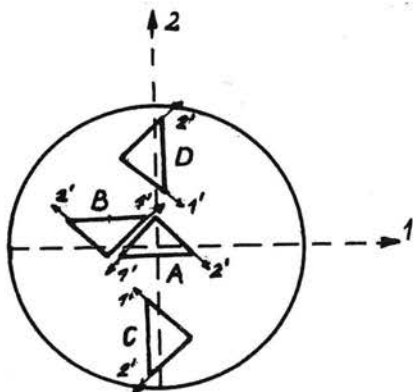
$$\epsilon_{33} = \epsilon_a$$

$$\epsilon_{12} = \epsilon_e - \frac{\epsilon_b + \epsilon_c}{2}$$

$$\epsilon_{13} = \epsilon_d - \frac{\epsilon_a + \epsilon_b}{2}$$

$$\epsilon_{23} = \epsilon_f - \frac{\epsilon_a + \epsilon_c}{2}$$

Rys.11. Obliczanie składowych odkształceń w kierunkach krawędzi sondy



$$\begin{aligned}
 \text{A. } \epsilon_{11} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} - \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{12} &= \frac{\epsilon'_{22} - \epsilon'_{11}}{2} \\
 \epsilon_{13} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{31} - \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{22} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} + \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{23} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (-\epsilon'_{31} - \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{33} &= \epsilon'_{33}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{B. } \epsilon_{11} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} - \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{12} &= \frac{\epsilon'_{22} - \epsilon'_{11}}{2} \\
 \epsilon_{22} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} + \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{13} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (-\epsilon'_{31} + \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{23} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{31} + \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{33} &= \epsilon'_{33}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{C. } \epsilon_{11} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} + \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{12} &= \frac{\epsilon'_{11} - \epsilon'_{22}}{2} \\
 \epsilon_{13} &= -\frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{31} + \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{22} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} - \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{23} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{32} - \epsilon'_{31}) \\
 \epsilon_{33} &= \epsilon'_{33}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{D. } \epsilon_{11} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} + \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{12} &= \frac{\epsilon'_{11} - \epsilon'_{22}}{2} \\
 \epsilon_{13} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{31} + \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{22} &= \frac{\epsilon'_{11} + \epsilon'_{22}}{2} - \epsilon'_{12} \\
 \epsilon_{23} &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\epsilon'_{31} - \epsilon'_{32}) \\
 \epsilon_{33} &= \epsilon'_{33}
 \end{aligned}$$

Rys.12. Obliczanie składowych tensora odkształcenia w kierunkach osi 1, 2 i 3

Przyjęta w badaniach konwencja określała odkształcenia przy ściskaniu za dodatnie, przy rozciąganiu za ujemne. Podobnie znak plus oznaczał odkształcenie kątowe odpowiadające przyrostowi kąta a znak minus jego zmniejszeniu się.

Przed przystąpieniem do sporządzania wykresów koniecznym było dokonanie segregacji wyników. Obejmowało ono odrzucenie niektórych odczytów /na ogół przy niskich siłach obciążających/ w sposób nieuzasadniony odbiegających od pozostałych. Mogło to być spowodowane niedostatecznym dociśnięciem końcówek przewodów na zaciskach, ruchem całych wiązek przewodów i związanymi z tym zmianami pojemności, oraz innymi wpływami.

7. Wykresy

Na wykonanych wykresach demonstrowane są zmienności poszczególnych składowych odkształceń, odniesionych do osi próbki w zależności od parametrów mechanicznych i geometrycznych.

Wykresy rys. 13 do rys. 38 przedstawiają zmienności liniowych składowych odkształcenia, w poszczególnych punktach pomiarowych, przy obciążaniu, przed i po sprężaniu. Punkty odpowiadające przyrostowi naprężeń połączono: - linią przerywaną przed sprężeniem i linią ciągłą po sprężeniu. Punkty odpowiadające odciążeniu nie były łączone a odróżnić je można korzystając z oznaczeń pokazanych na rys. 13. Wykresy rys. 39 do 64 przedstawiają, w tym samym układzie, zmienność odkształceń kątowych. Rysunki 65 do 72 ilustrują zmienność odkształceń powierzchniowych. Wszystkie wykresy dotyczą ściskania walca za pośrednictwem przekładek z arkuszy gumowych lub z krążków gumowych.

Wykres na rys. 36 jest niekompletny na skutek zniszczenia jednego z tensometrów. Na rysunkach 27, 28, 32, 67, 68 i 70 nie zaznaczano tych odczytów, które przed i po sprężeniu były identyczne lub bardzo bliskie.

Na podstawie wstępnej analizy wskazań tensometrów można zauważyć, że odkształcenia po sprężeniu są mniejsze od odkształceń przed sprężeniem. Jest to zrozumiałe ze względu na wpływ sprężenia, które zwiększa sztywność i zapewne również i wytrzymałość walca.

W przypadku odkształceń kątowych można zauważyć znaczne odchylenia od przebiegu liniowego pomimo, że zakres obciążeń wynosi jedną trzecią wytrzymałości betonu. Jest to związane ze znacznym wzrostem błędu względnego jaki może tu wystąpić. Ze względu na zamierzone obciążenie osiowe i symetrię elementu odkształcenia kątowe są niewielkie a błąd bezwzględny rośnie w związku z możliwością sumowania się błędów elementarnych popełnianych w pomiarach bezpośrednich.

W większości przypadków, tzn. pomijając te wyniki, w których prawdopodobnie wystąpiły zakłócenia jednorodności materiału, odkształcenia liniowe w płaszczyźnie poziomej /płaszczyzna 1-2/ są ujemne - tak jak można by się tego spodziewać na podstawie założeń wytrzymałości materiałów.

Zastosowane przekładki umożliwiają swobodne występowanie przemieszczeń poziomych w płaszczyźnie docisku. Do wielkości tych przemieszczeń dobrano odpowiednie grubości i pola przekładek gumowych. Przekładki z krążków gumowych, rozmieszczonych w regularnym układzie sześciokątnym, mają na celu zmniejszenie oddziaływań stycznych na podstawę próbki.

Wstępne porównanie wyników pomiarów nie pozwala na stwierdzenie

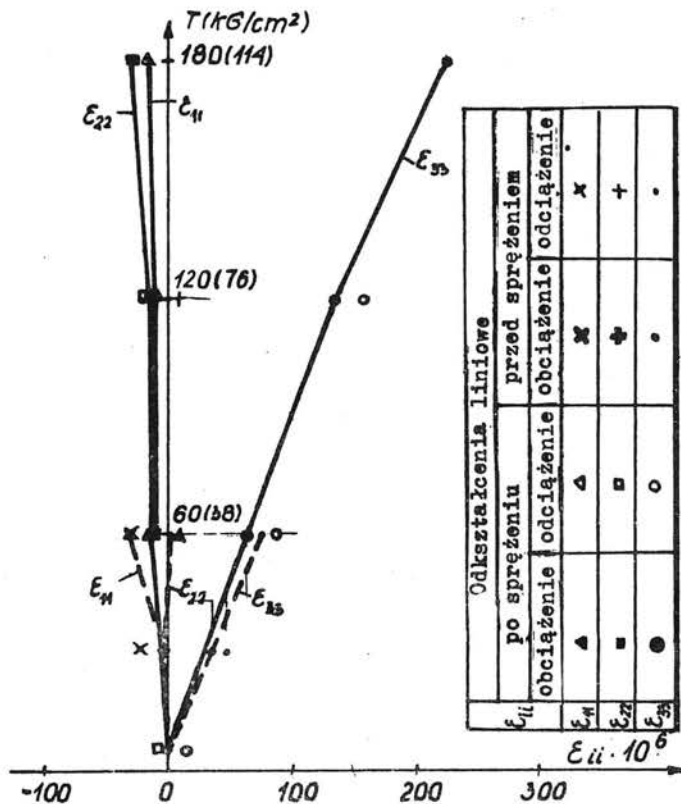
żadnego systematycznego wpływu sposobu przekazania obciążenia, poprzez przekładki z arkuszy lub z krążków, na zmienności poszczególnych składowych odkształcenia uzyskane z pomiarów.

Niejednakowe wskazania tensometrów położonych symetrycznie mogą wynikać zarówno z niejednorodności betonu jak i z niezupełnie osiowego sposobu obciążania.

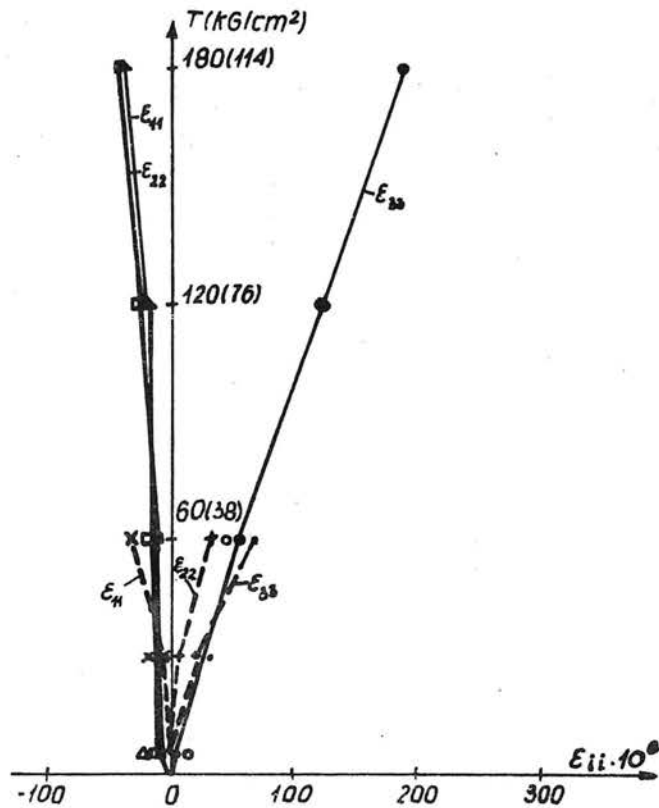
Wszystkie pokazane wykresy mają charakter informacyjny i pozwalają jedynie na wnioski ogólne. Wnioski szczegółowe będą formułowane w oparciu o tablice liczbowe, na podstawie których sporządzono wspomniane wykresy. Opracowanie takie będzie tematem następnej publikacji.

Literatura cytowana:

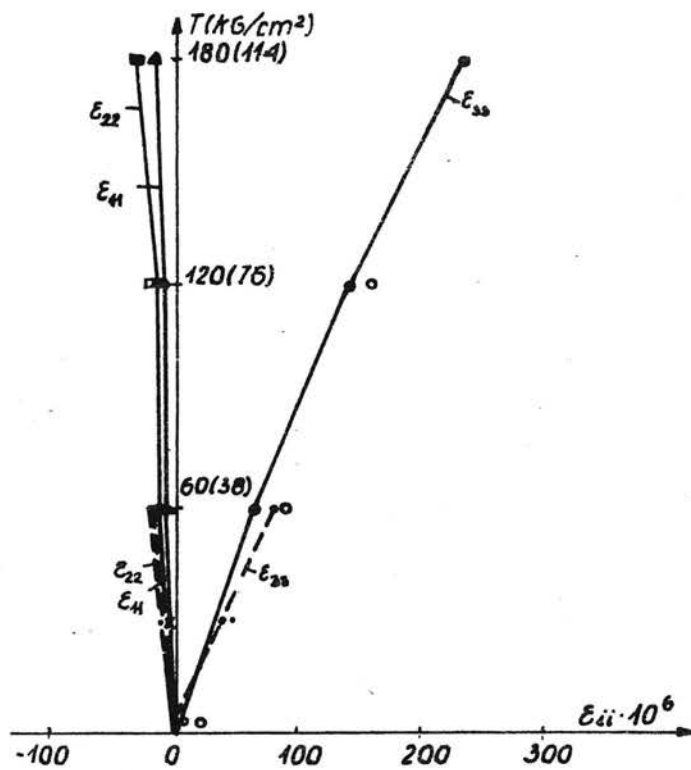
- [1] Brandt A.M. - Odkształcalność betonu w świetle pomiaru sześciu składowych stanu odkształcenia. Studia z zakresu budownictwa, nr 6, Arkady 1968.
- [2] Brandt A., Jendo S. - O pomiarach odkształceń wewnątrz elementów betonowych. Rozprawy Inżynierskie, 3, 13/1965/, s. 511.
- [3] Wasiutyński Z., Brandt A. - Measurements of six components of the strain tensor in a compressed concrete cylinder. Bull. de l'Acad. Pol. de Sci., Serie de Sci. Techn., v. XII, no 12/1964/, s. 639.



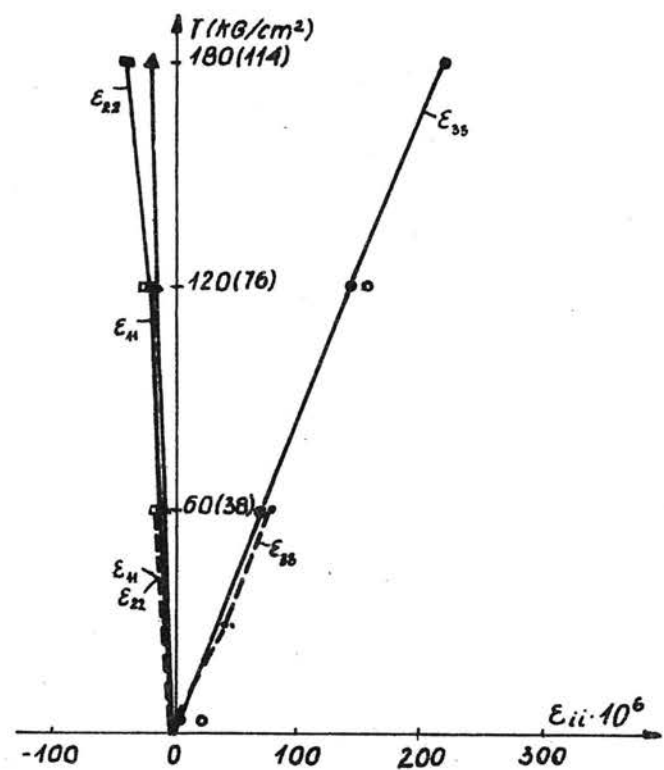
Rys.13. Wykresy składowych liniowych odkształcenia przekładki z arkuszy gumy, sonda nr. 1



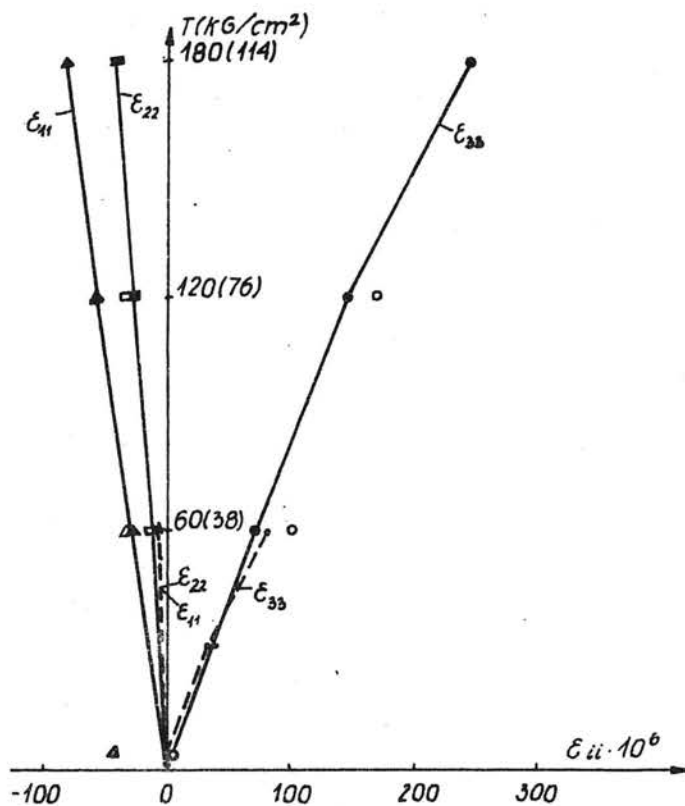
Rys.14. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr. 1



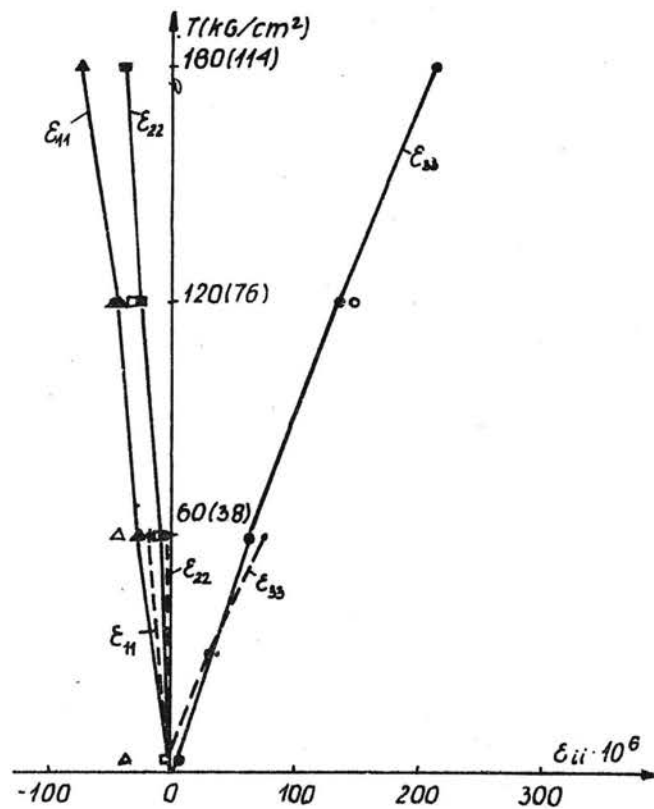
Rys. 15. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z arkuszy gumy,
sonda nr 2



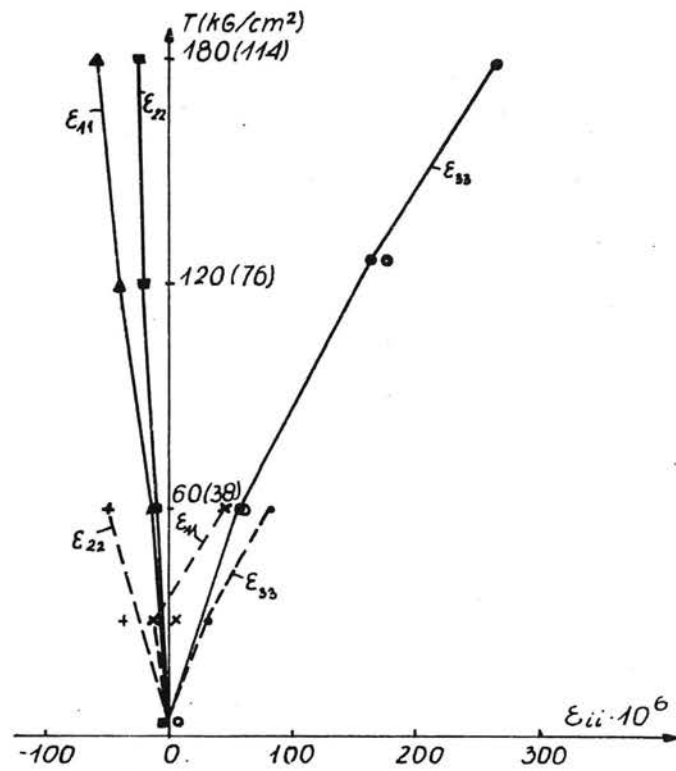
Rys. 16. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z krążków gumowych,
sonda nr 2



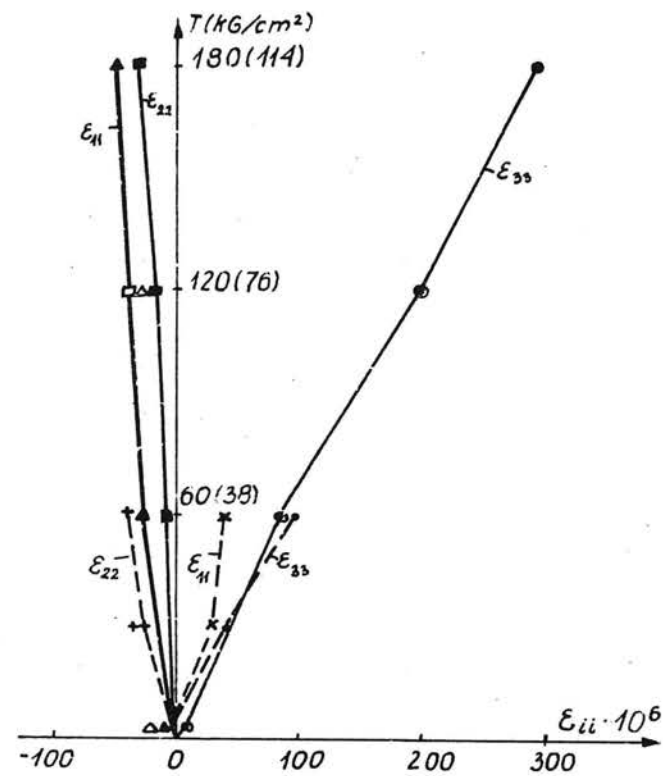
Rys.17. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 3



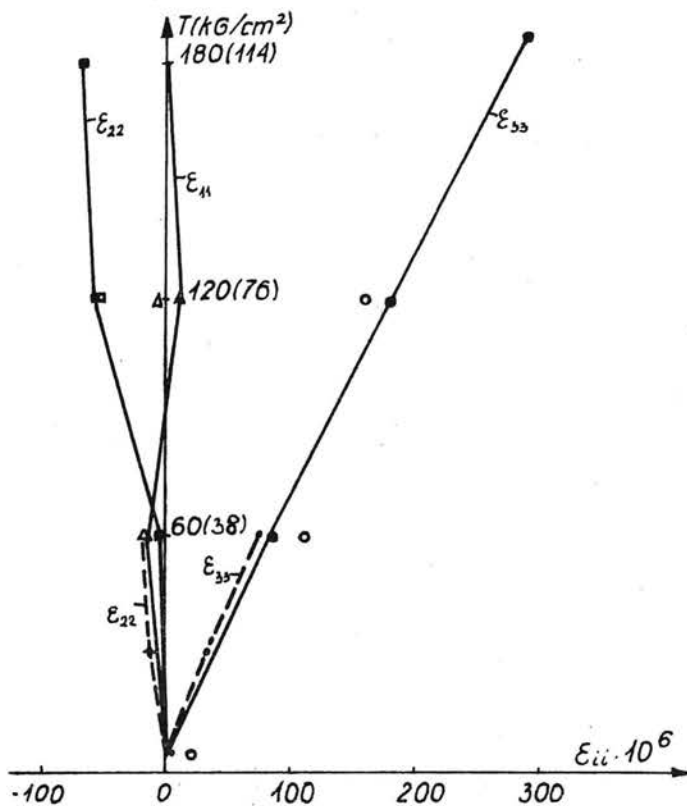
Rys.18. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 3



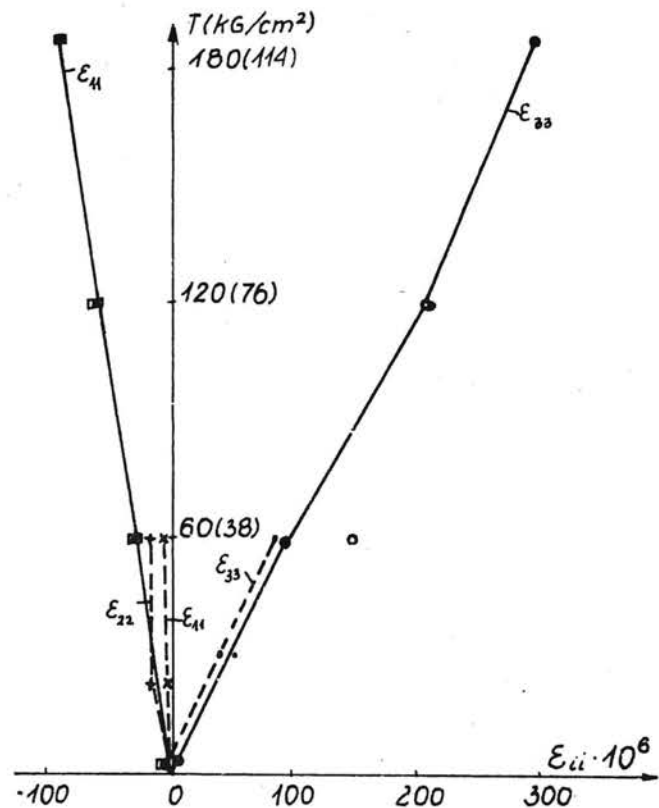
Rys.19. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 4



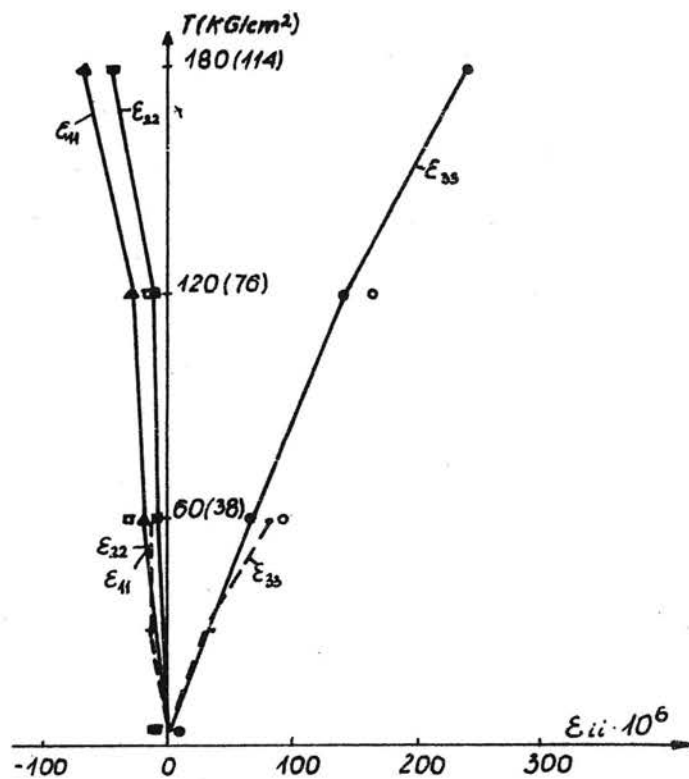
Rys.20. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 4



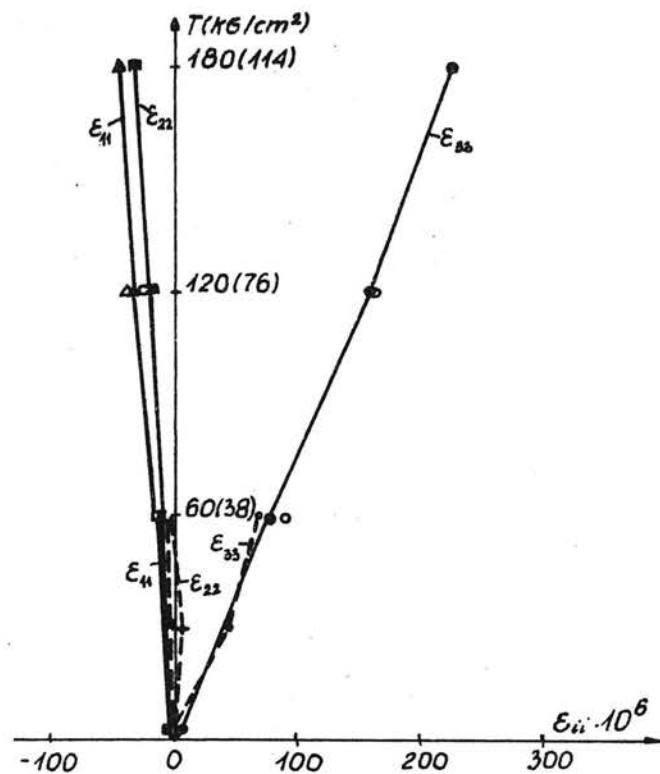
Rys. 21. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 5



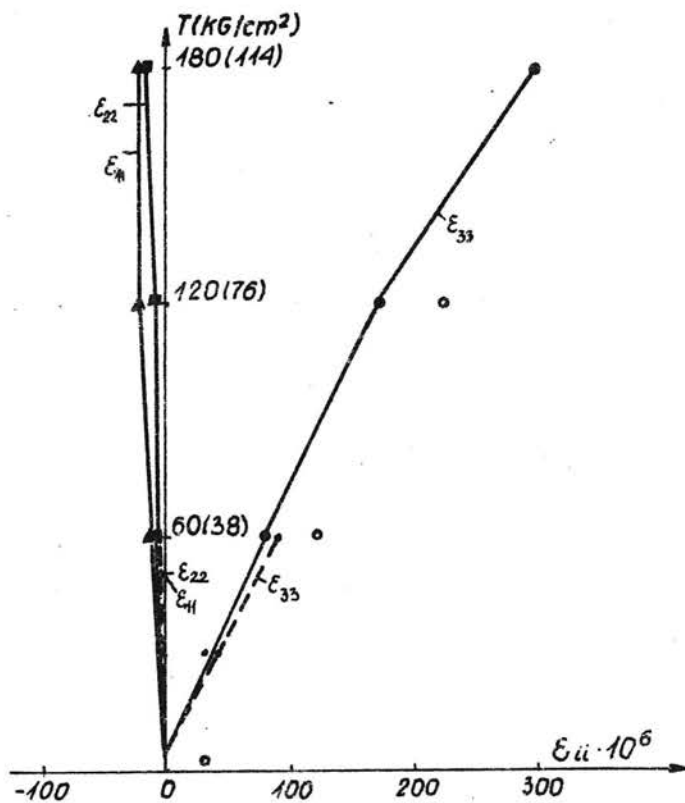
Rys. 22. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 5



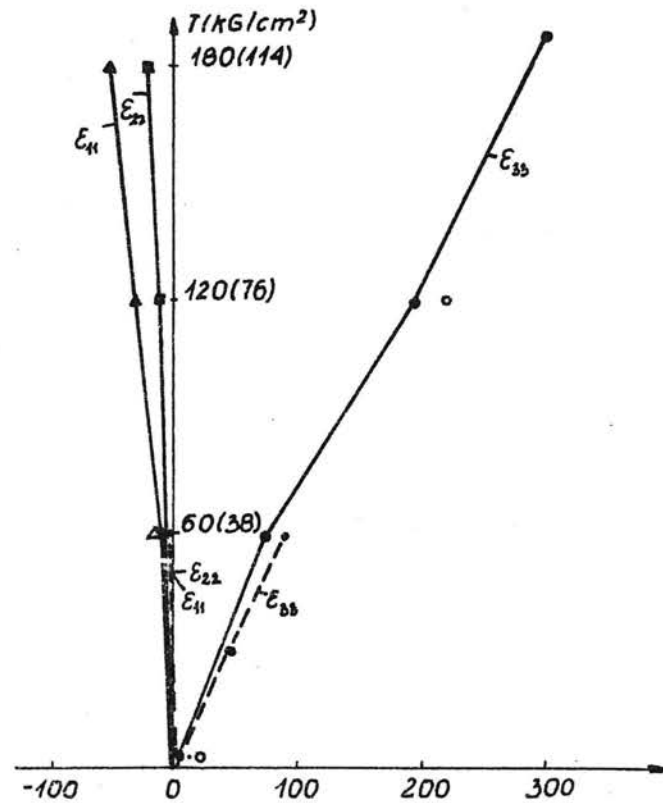
Rys.23. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 6



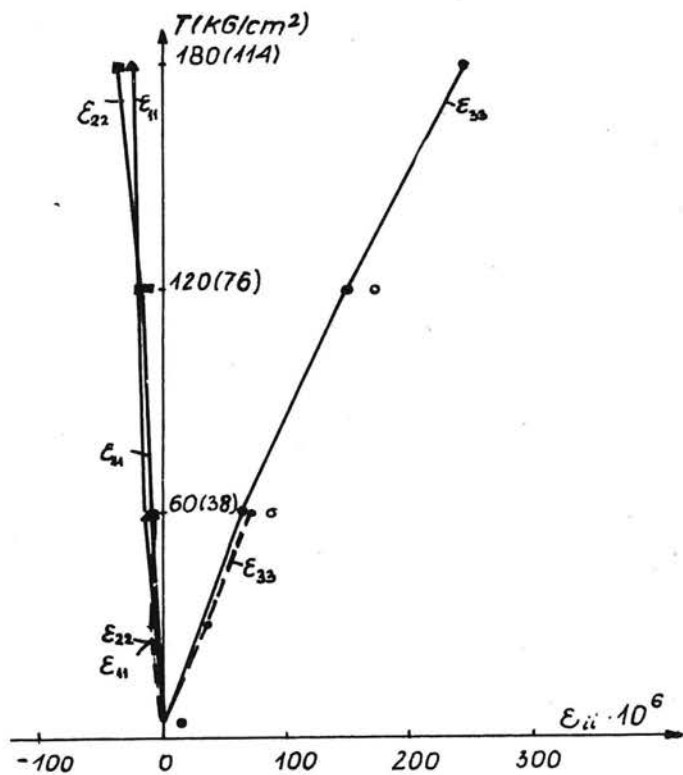
Rys.24. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 6



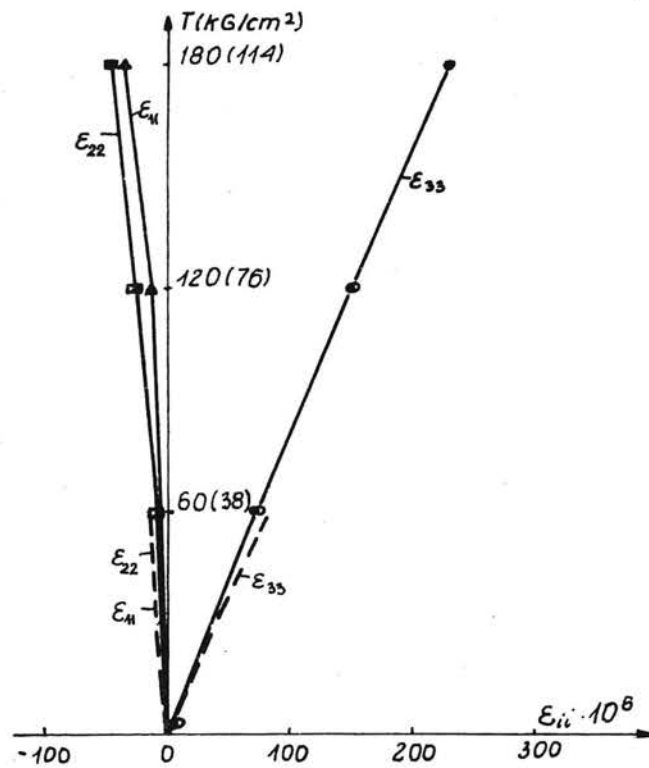
Rys. 25. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z arkuszy gumy,
sonda nr 7



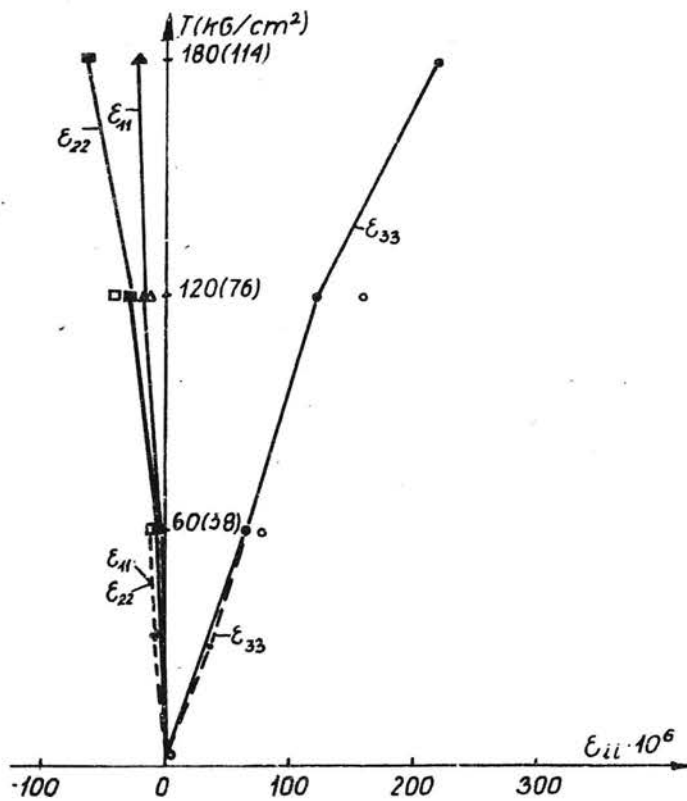
Rys. 26. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z krążków gumowych,
sonda nr 7



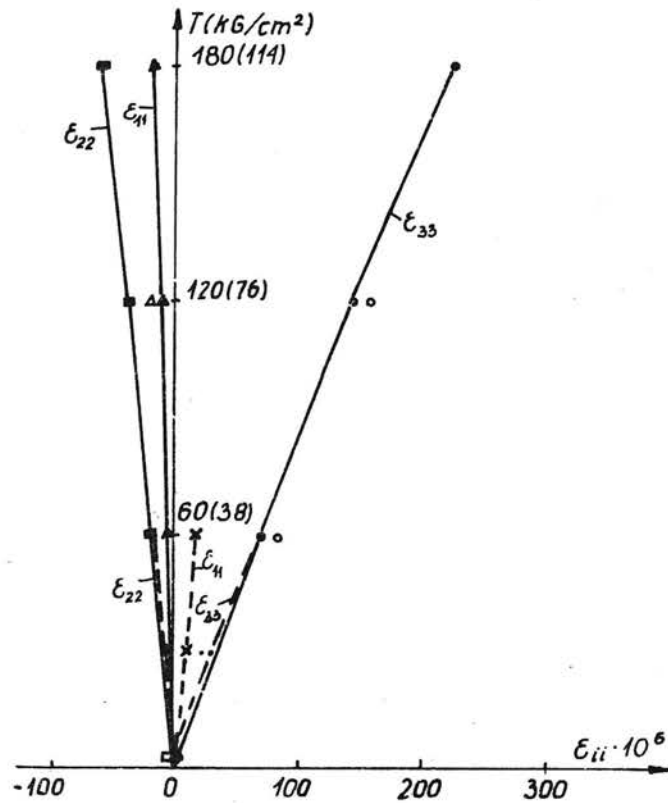
Rys.27. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 8



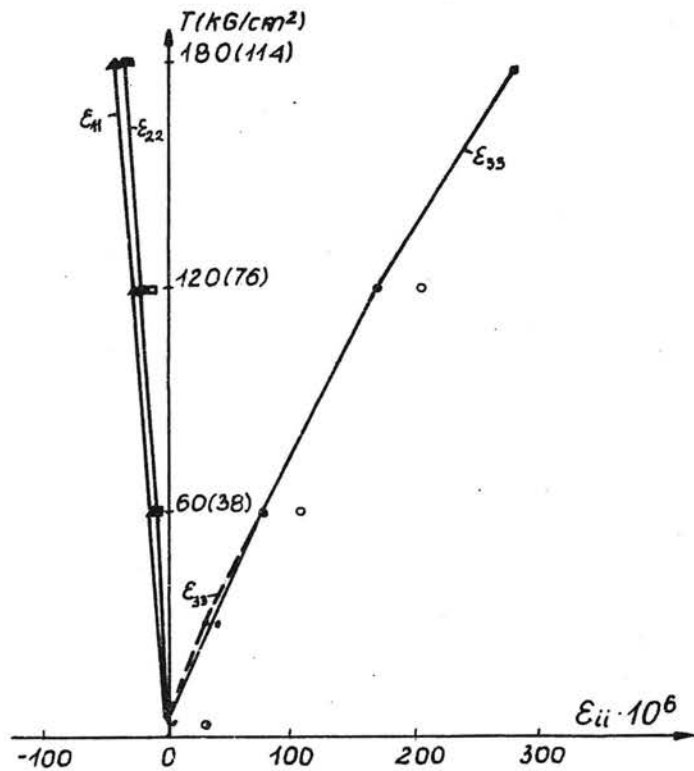
Rys.28. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 8



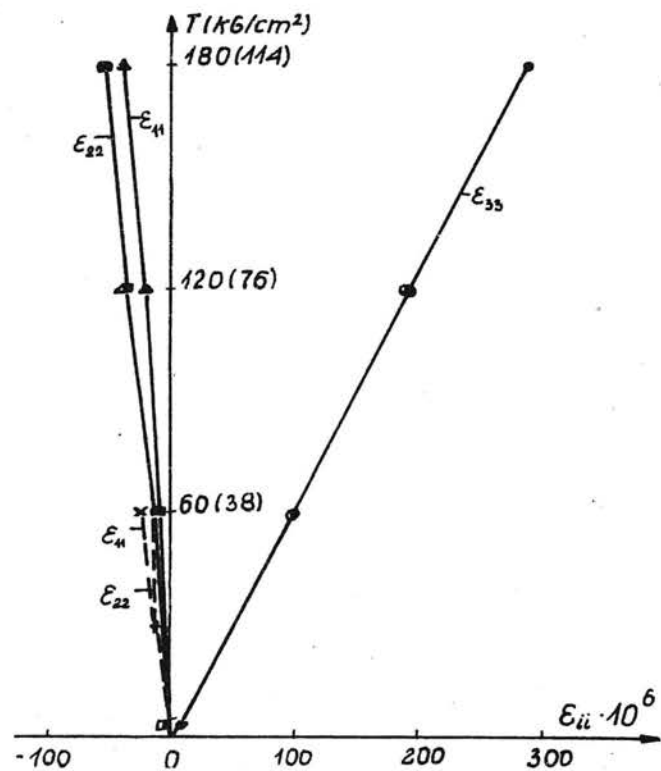
Rys.29. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 9



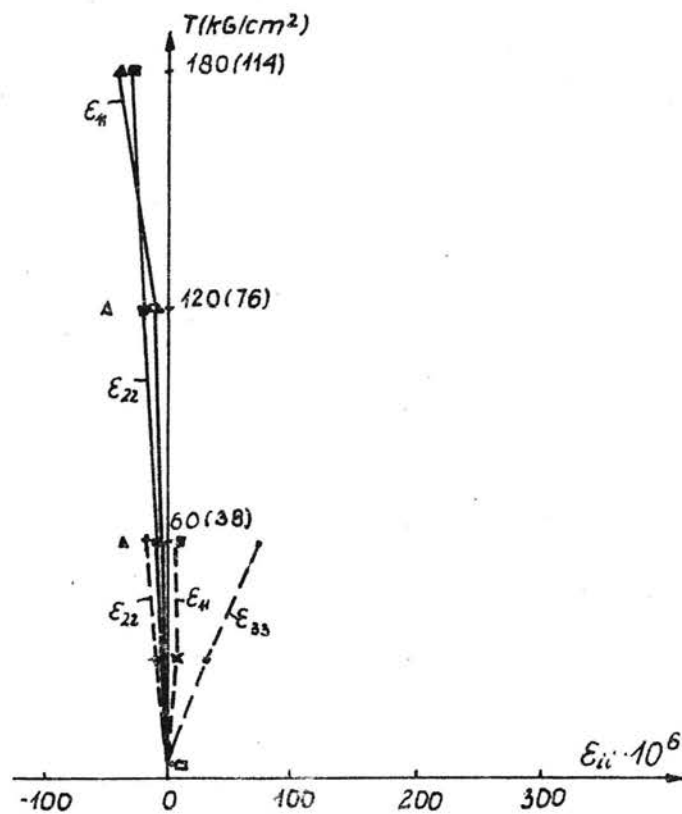
Rys.30. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 9



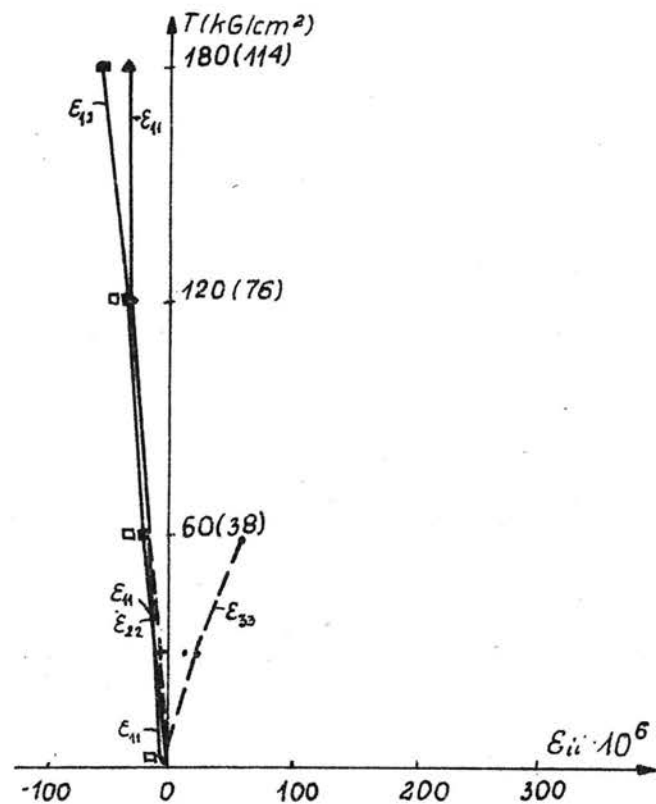
Rys.31. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 10



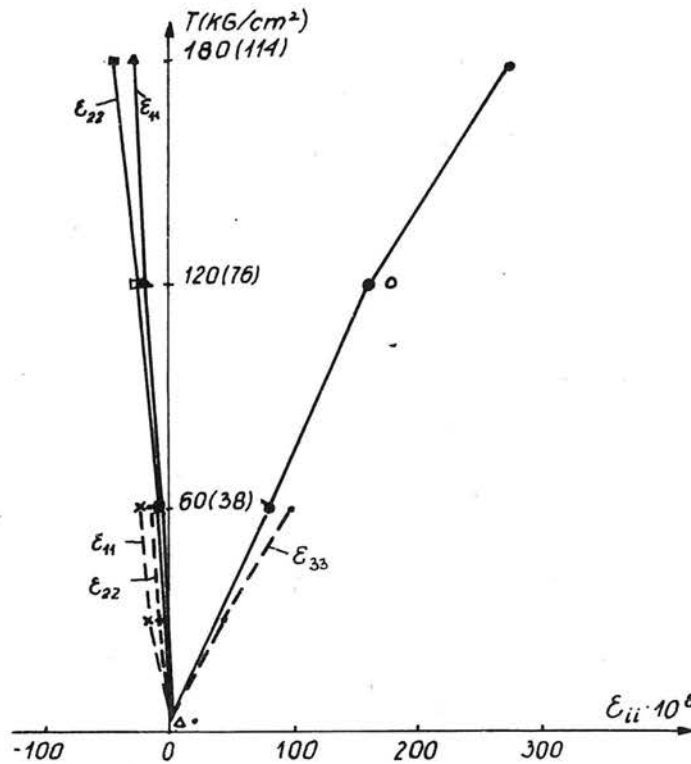
Rys.32. Wykresy składowych liniowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 10



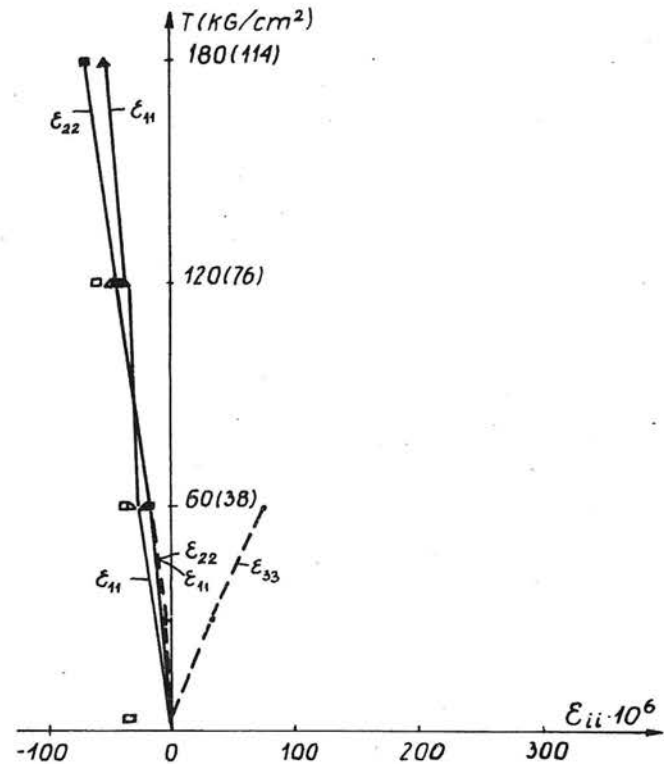
Rys.33. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 11



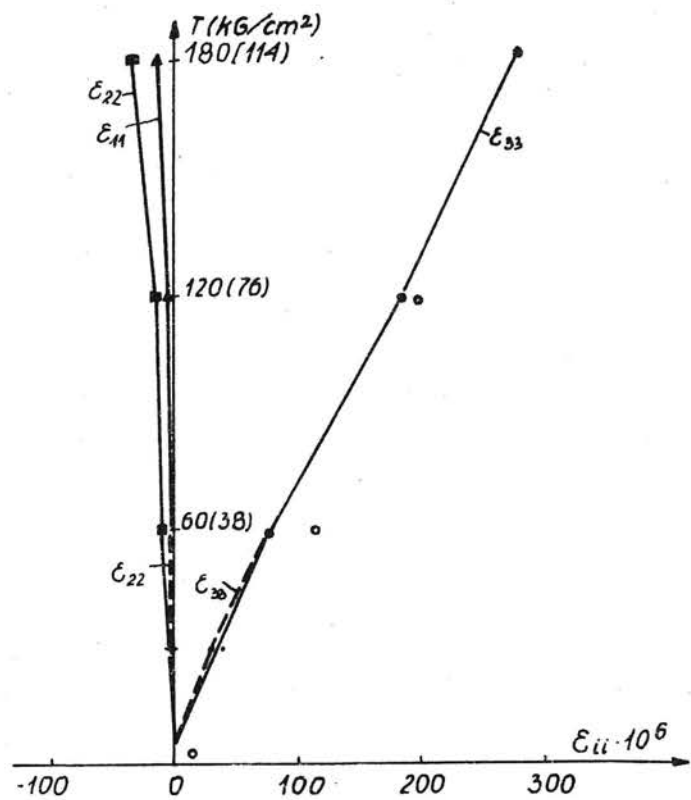
Rys.34. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z kraków gumowych, sonda nr 11



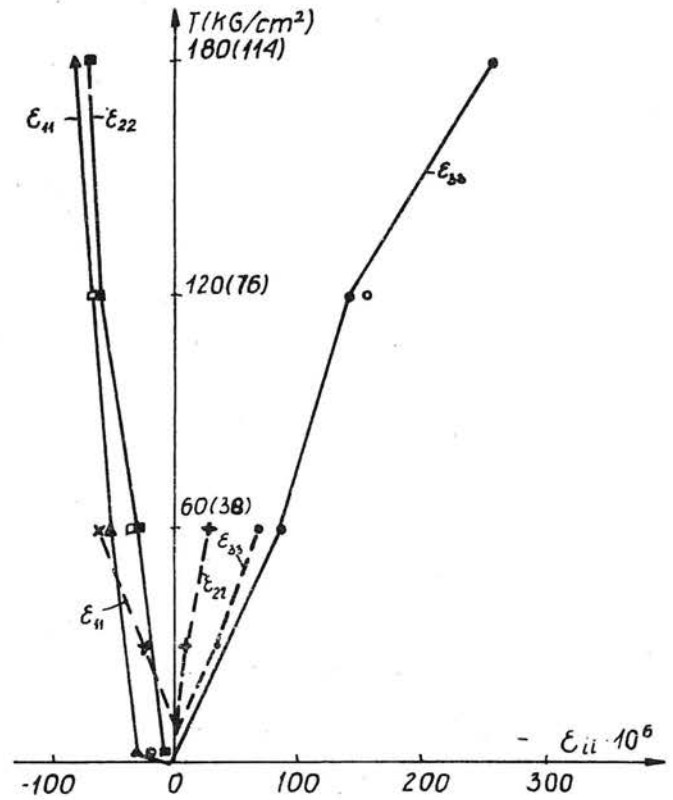
Rys.35. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 12



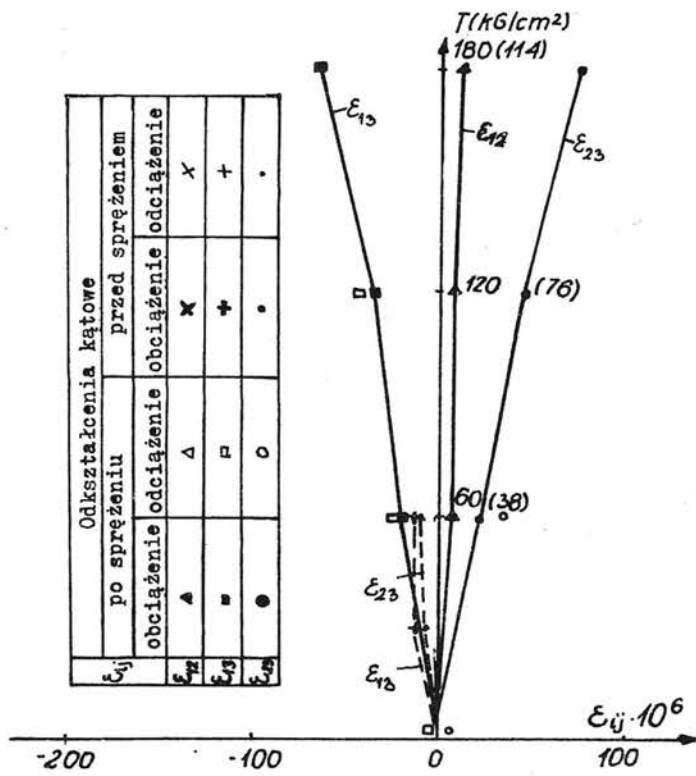
Rys.36. Wykresy składowych liniowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 12



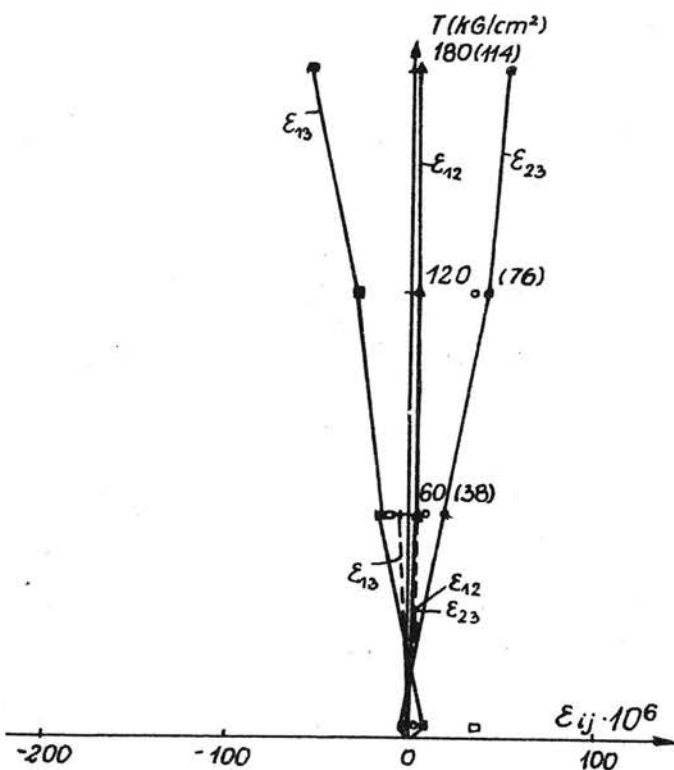
Rys.37. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 13



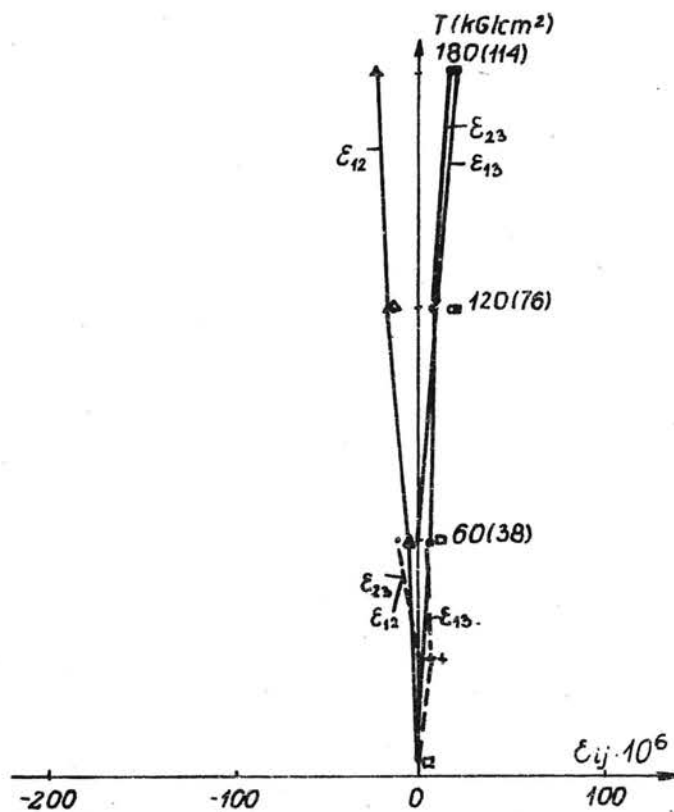
Rys.38. Wykresy składowych liniowych odkształce-
nia, przekładki z krążków gumowych,
sonda nr 13



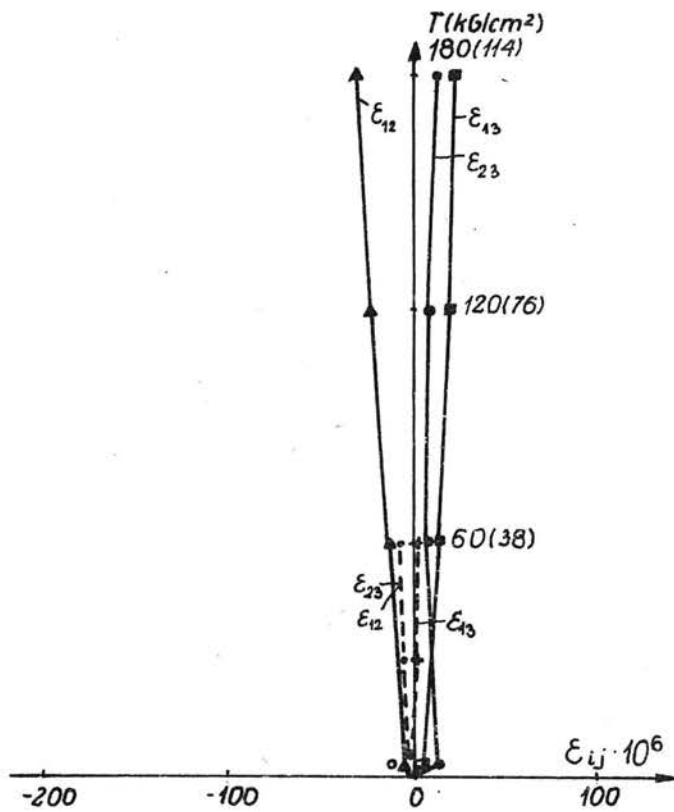
Rys.39. Wykresy składowych kątowych odkształcenia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 1



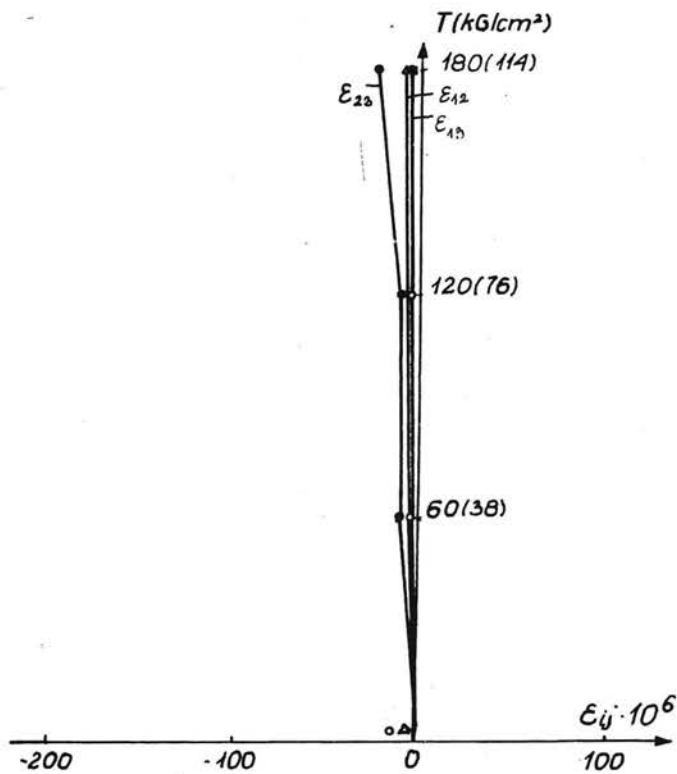
Rys.40. Wykresy składowych kątowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 1



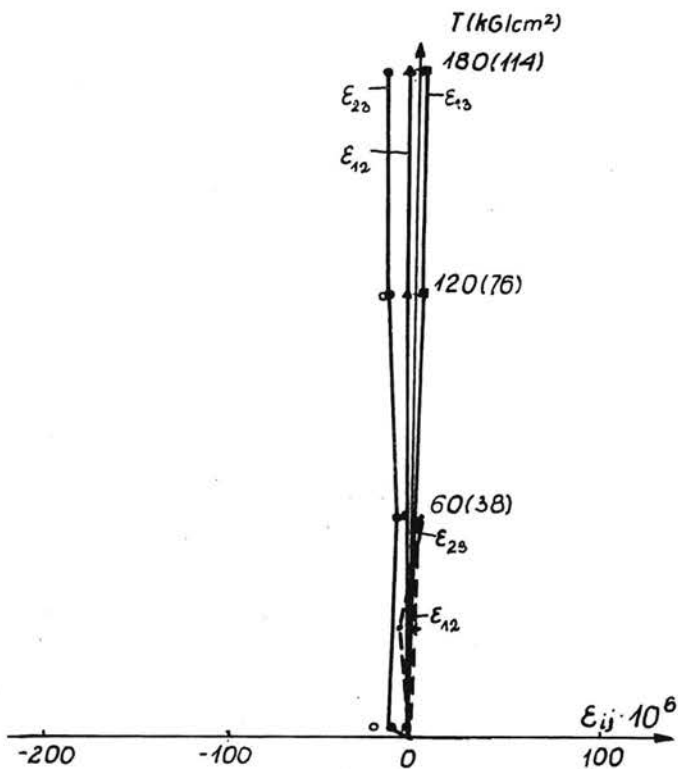
Rys.41. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 2



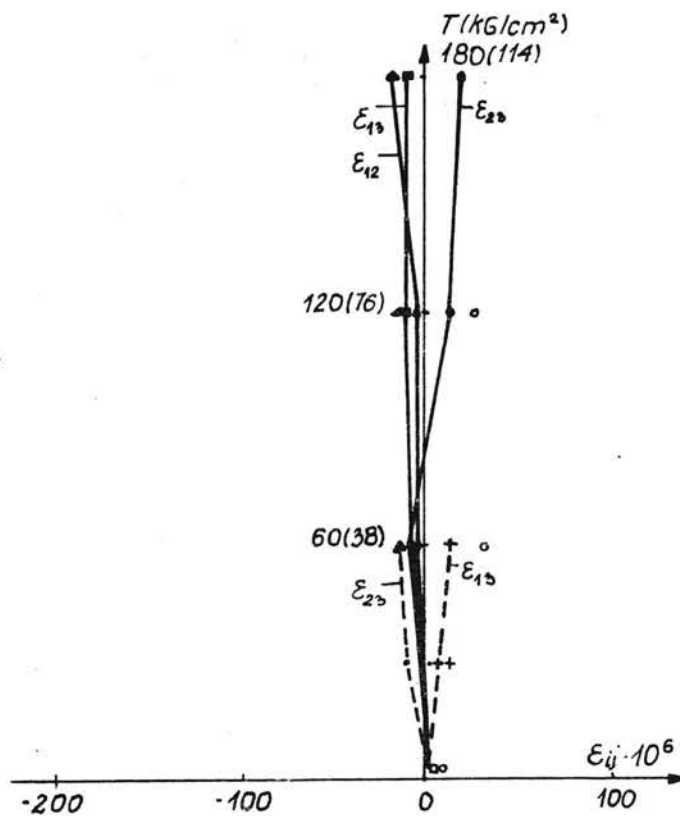
Rys.42. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 2



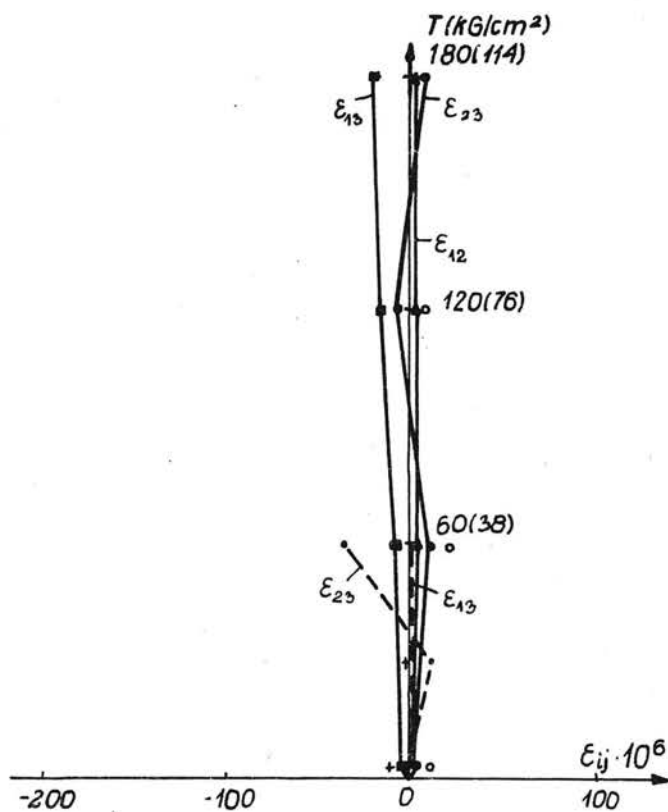
Rys.43. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 3



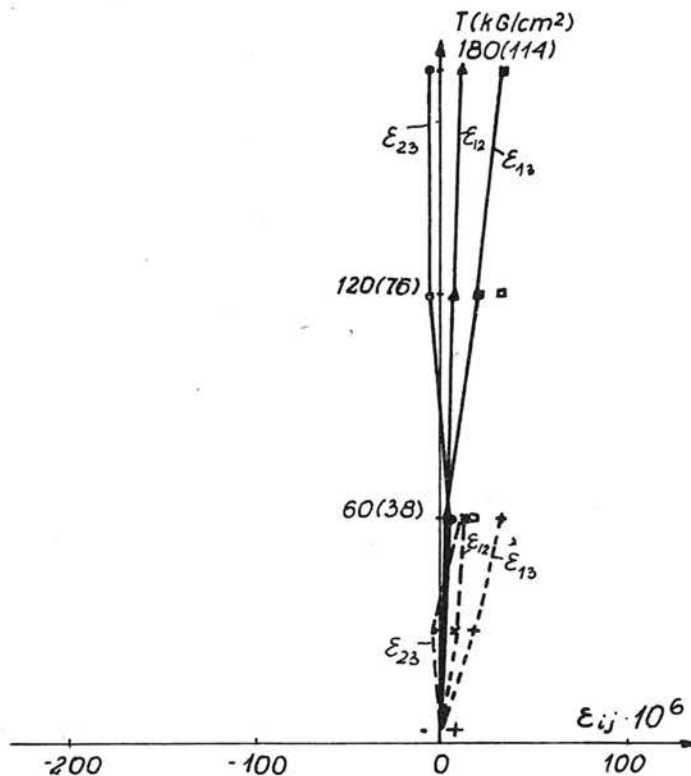
Rys.44. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 3



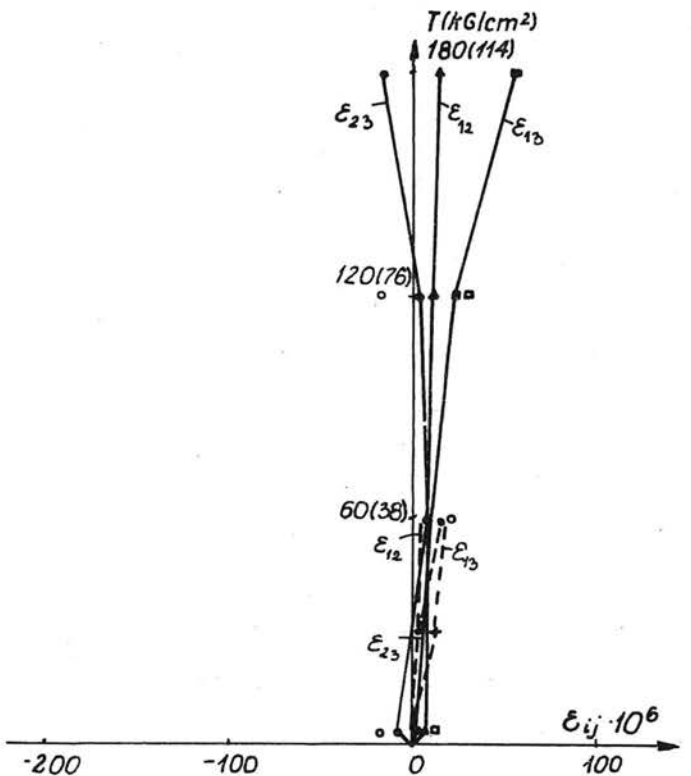
Rys.45. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 4



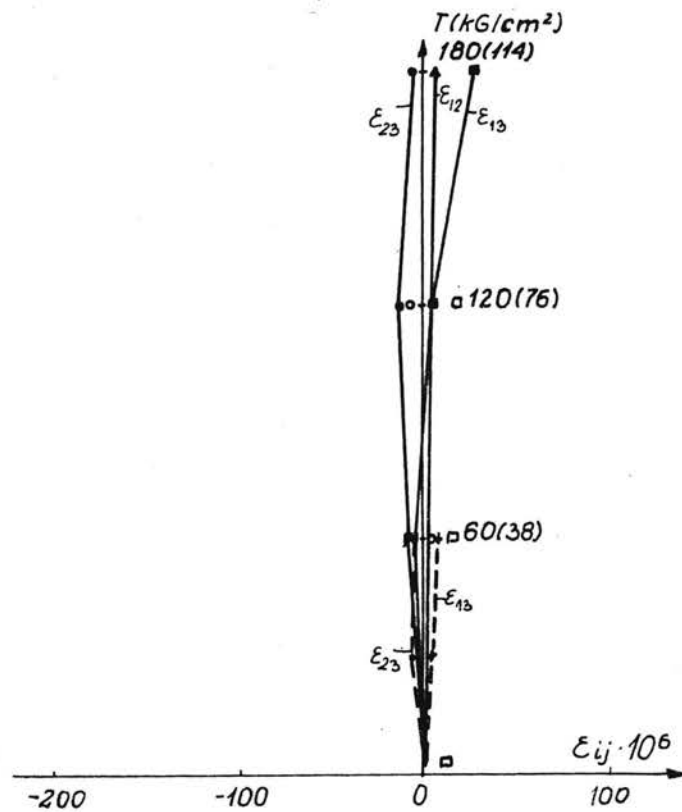
Rys.46. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 4



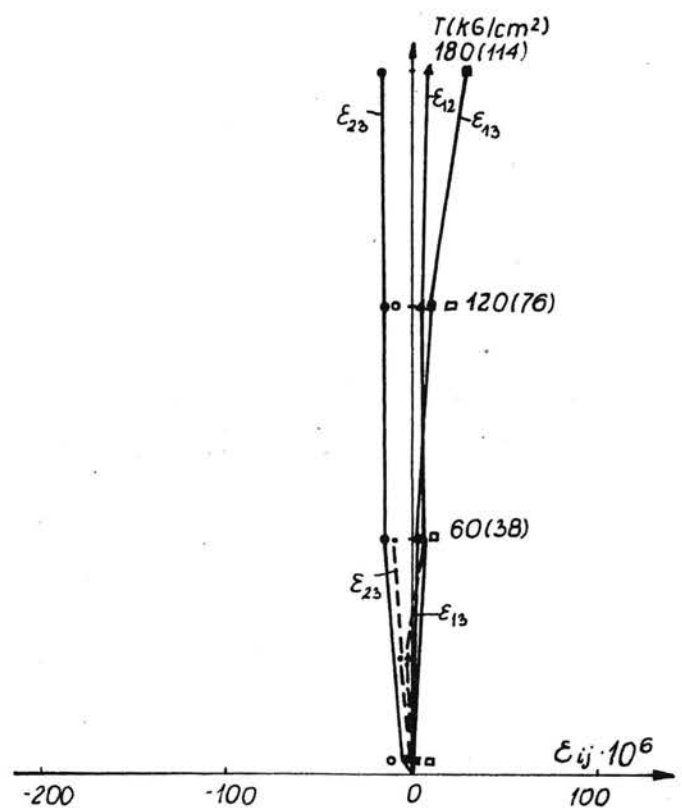
Rys.47. Wykresy składowych kątowych odkształcenia, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 5



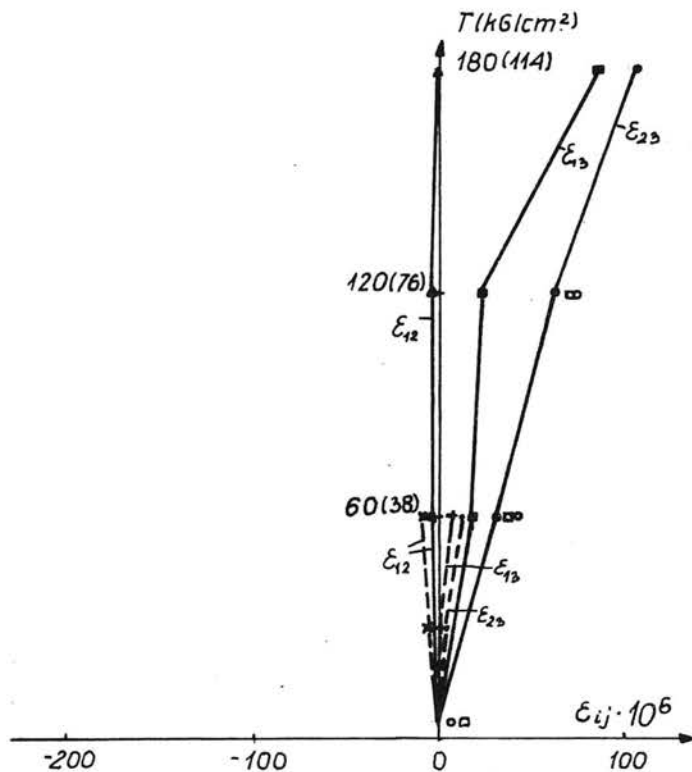
Rys.48. Wykresy składowych kątowych odkształcenia, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 5



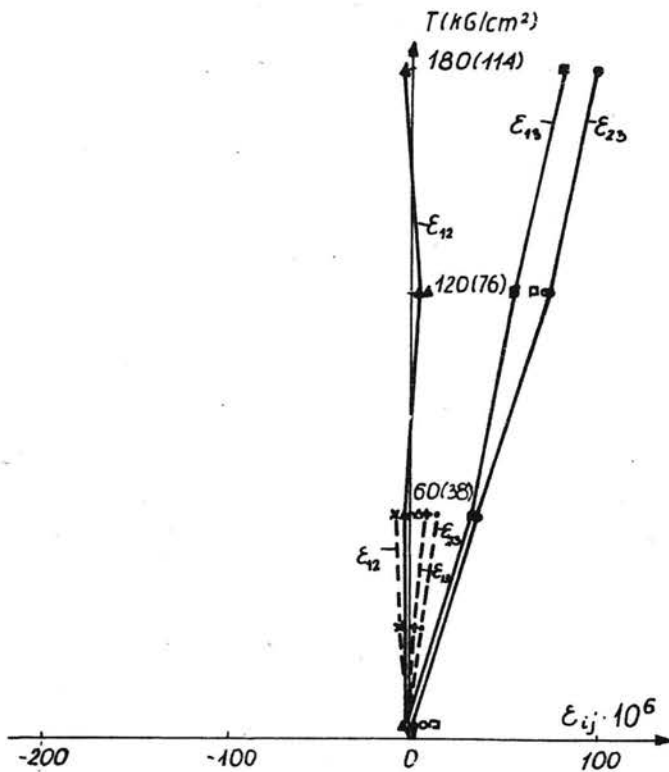
Rys.49. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 6



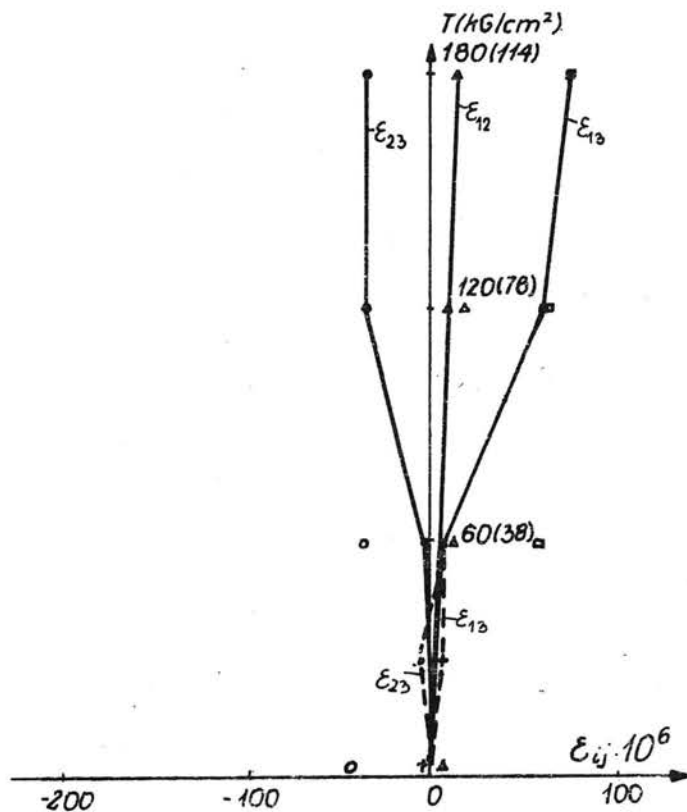
Rys.50 Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 6



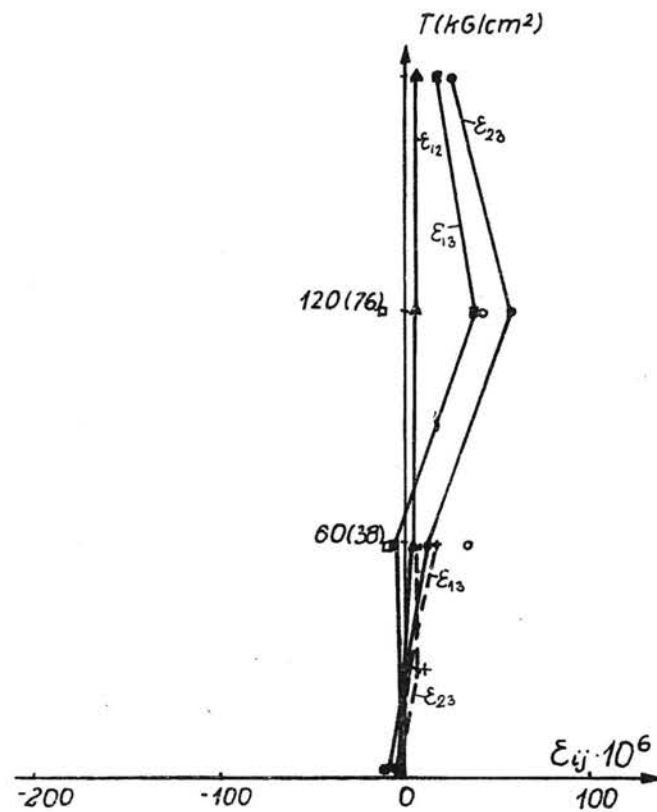
Rys.51 Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 7



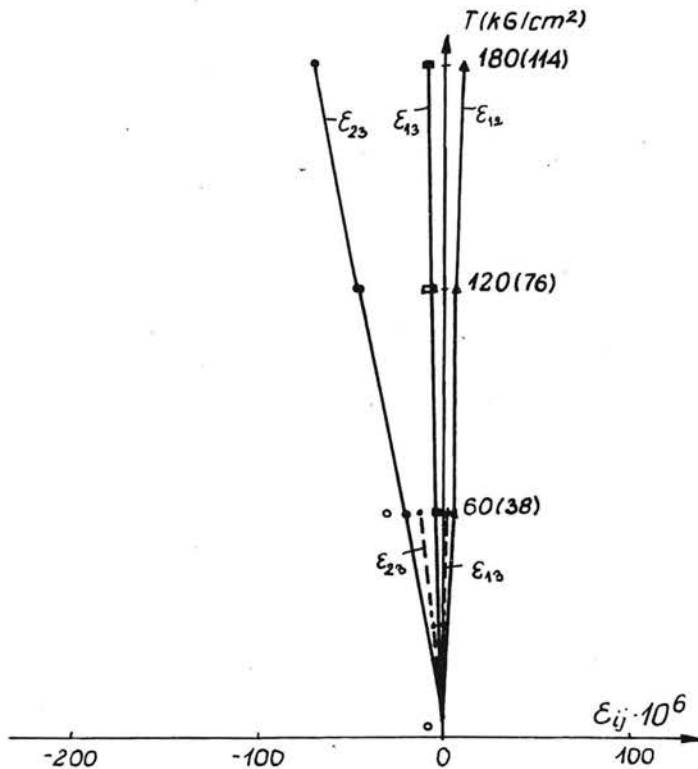
Rys.52, Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 7



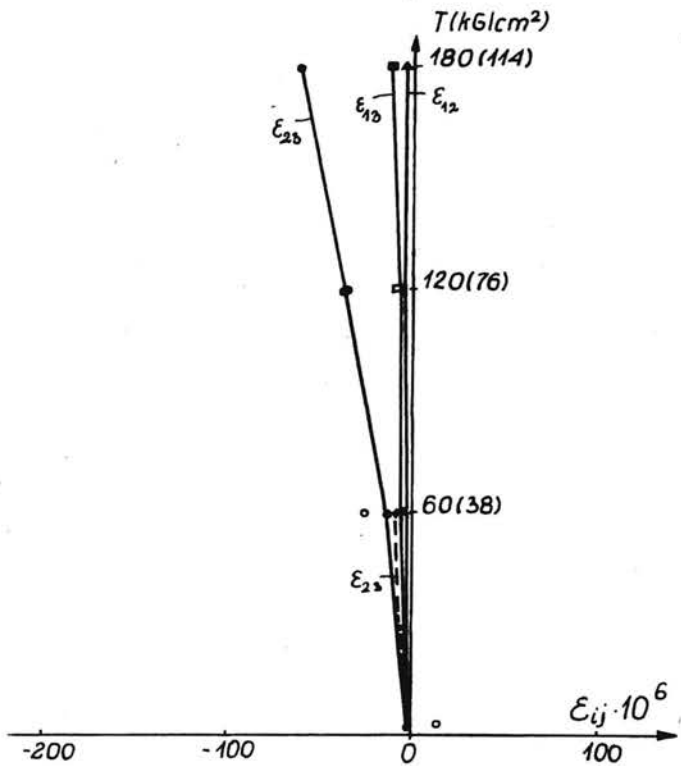
Rys.53. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 8



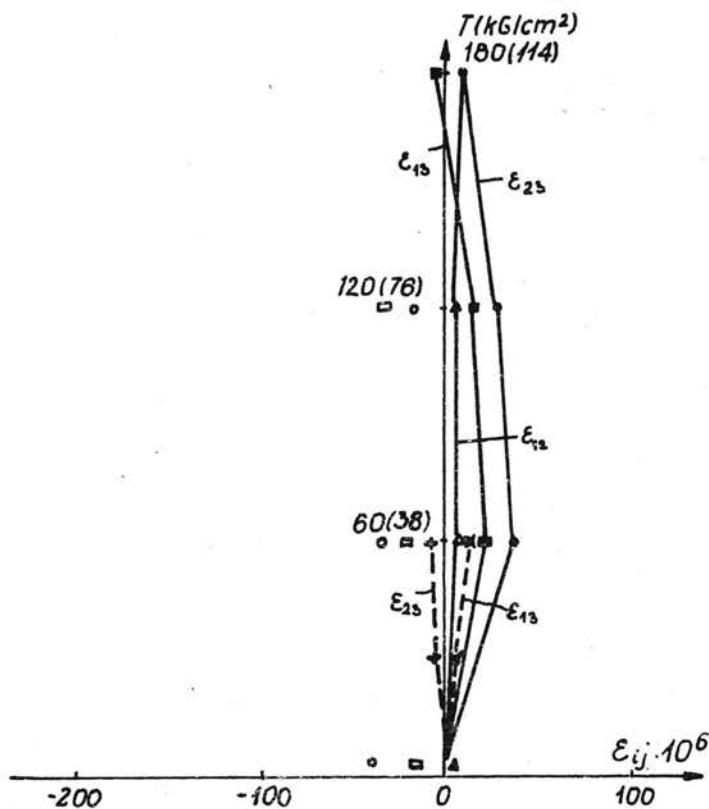
Rys.54. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 8



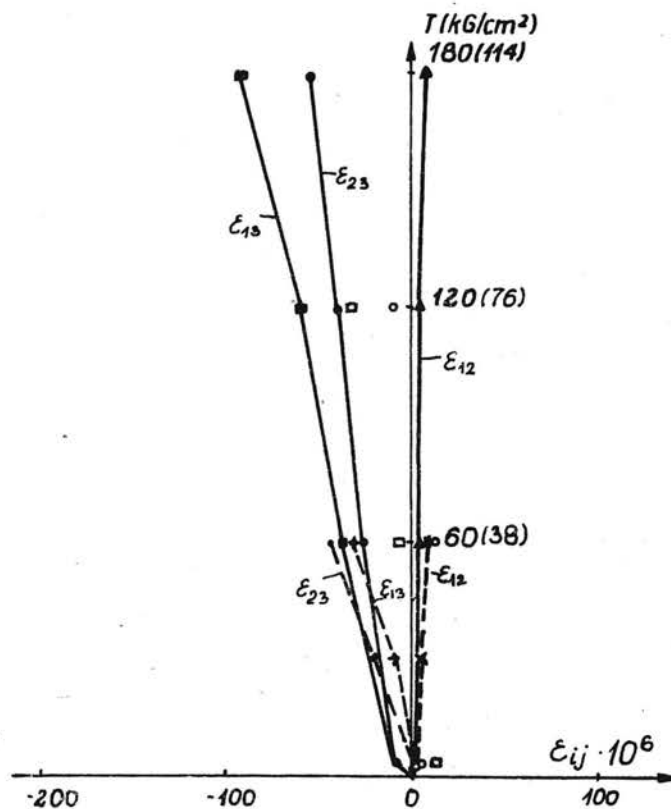
Rys.55. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 9



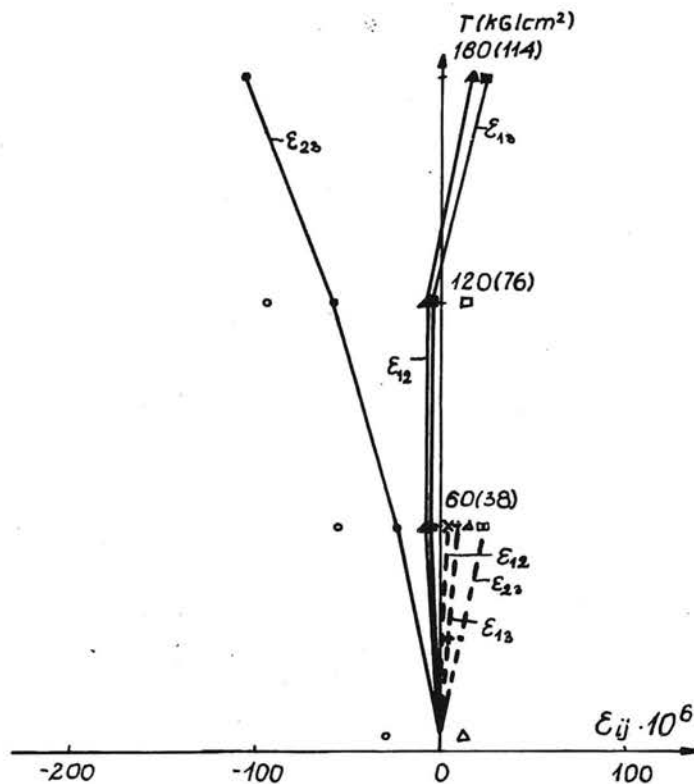
Rys.56. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 9



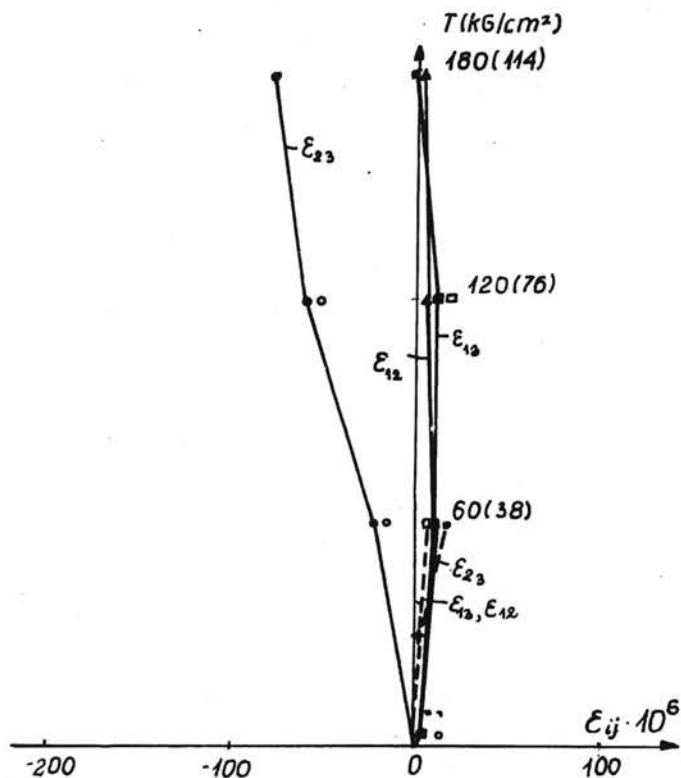
Rys.57. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 10



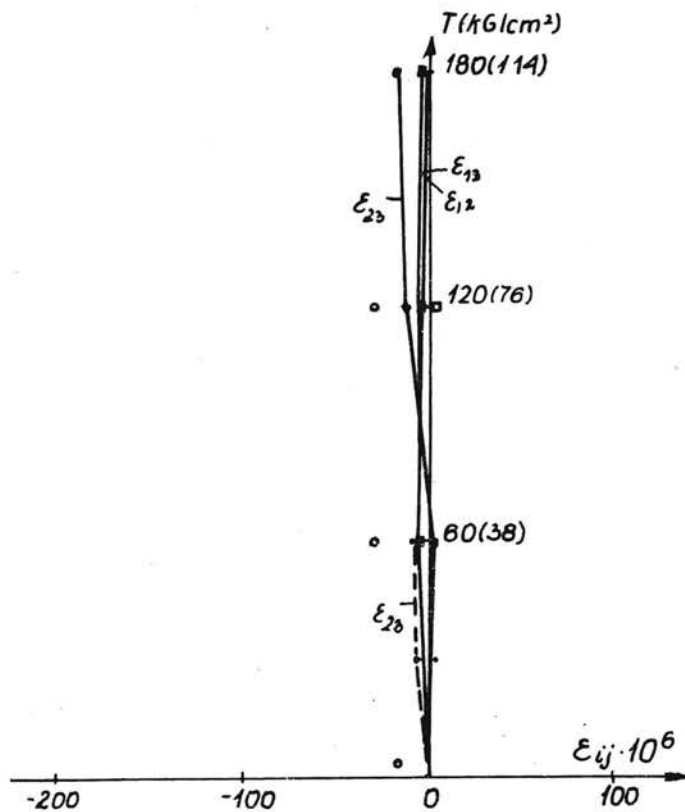
Rys.58. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 10



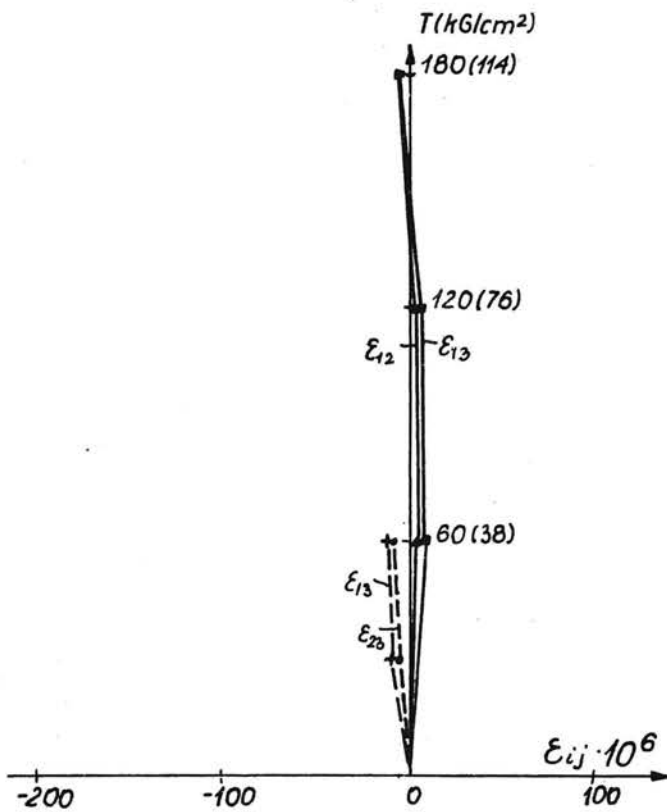
Rys.59. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 11



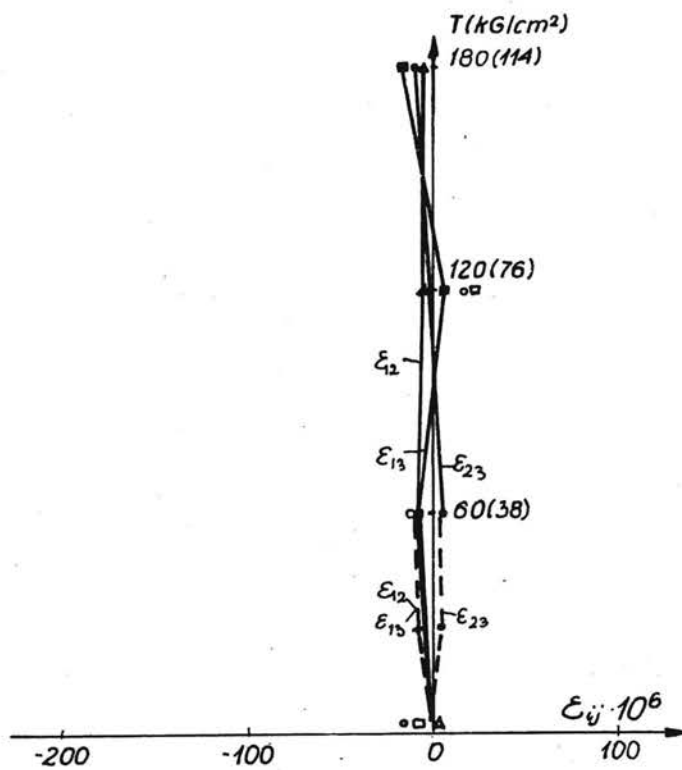
Rys.60. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 11



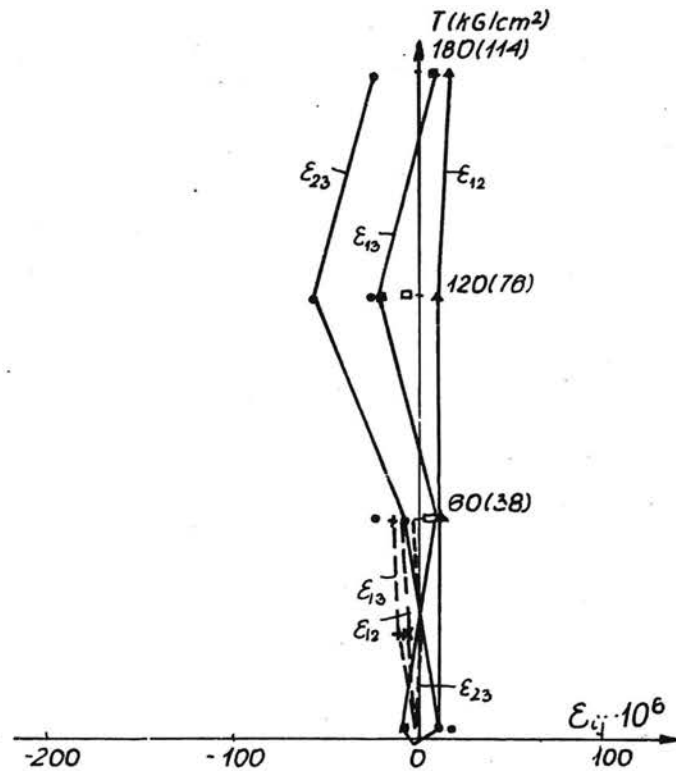
Rys.61. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 12



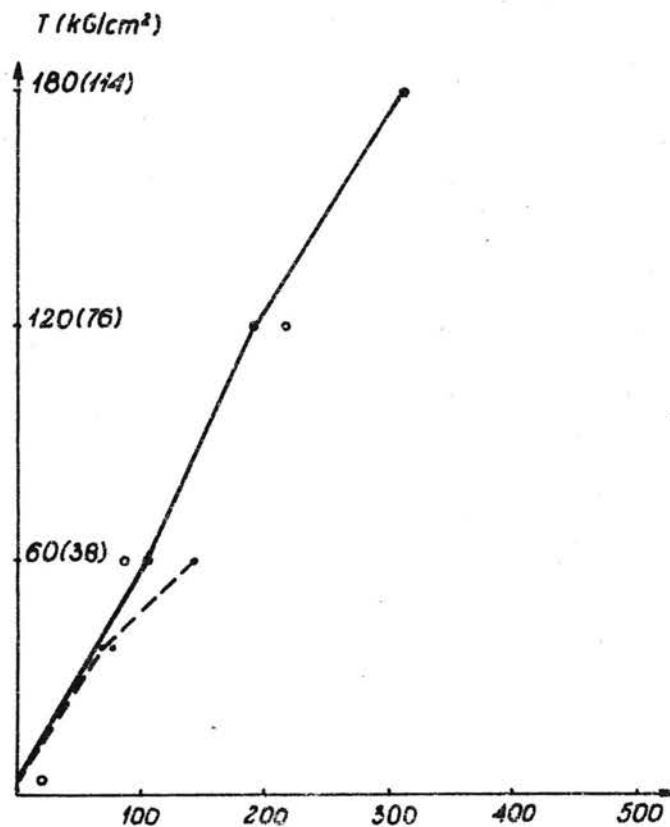
Rys.62. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 12



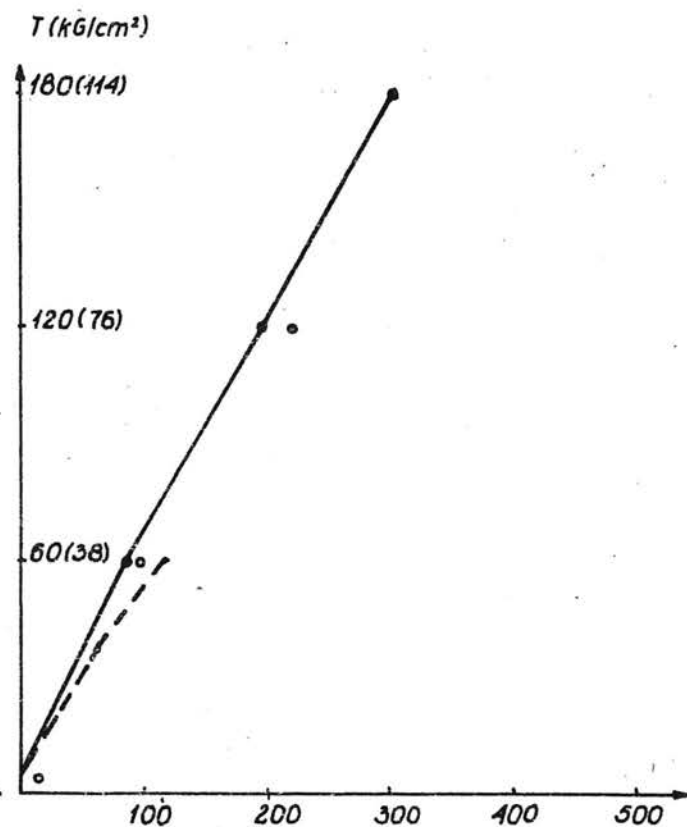
Rys.63. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z arkuszy gumy, sonda nr 13



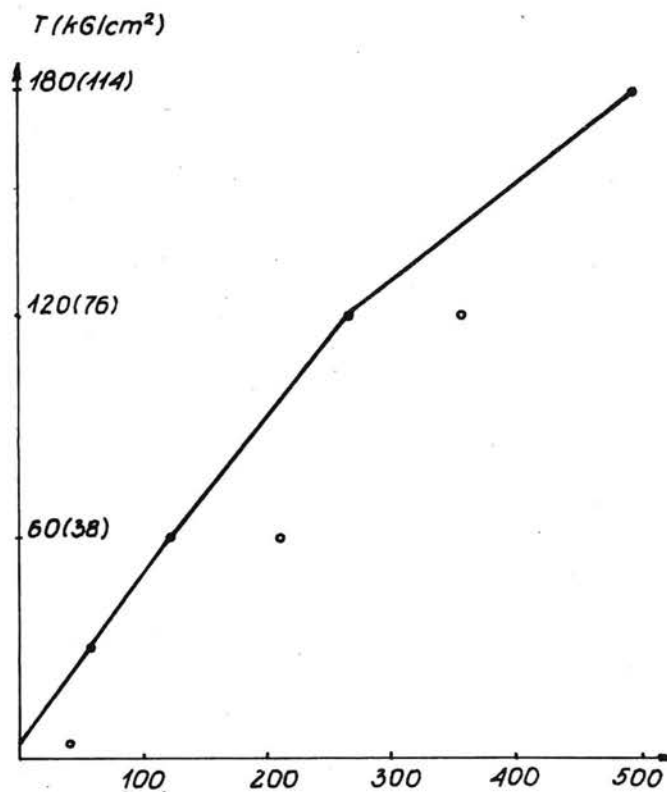
Rys.64. Wykresy składowych kątowych odkształceń, przekładki z krążków gumowych, sonda nr 13



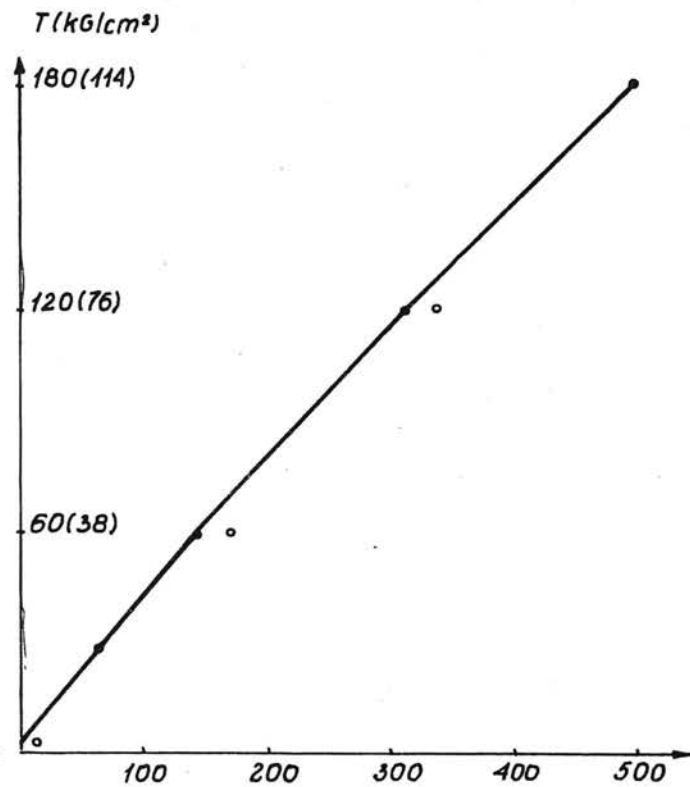
Rys.65. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-1, przekładki z arkuszy gumy



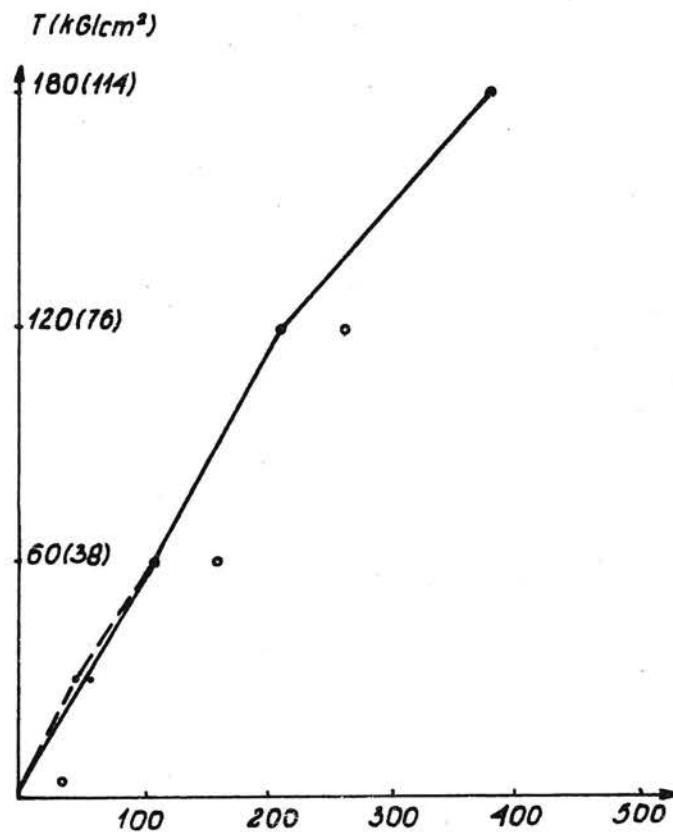
Rys.66. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-1, przekładki z krążków gumowych



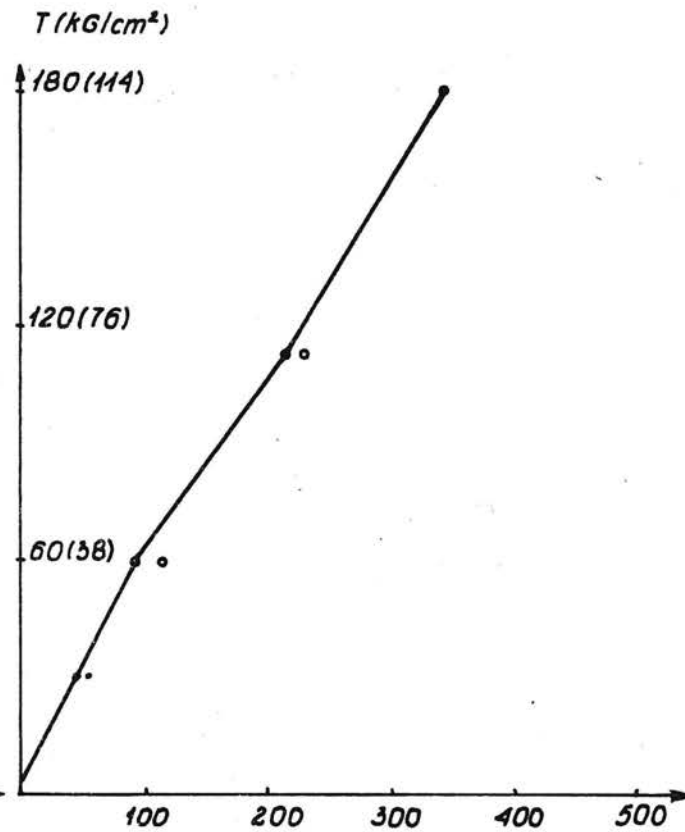
Rys.67. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-5, przekładki z arkuszy gumy



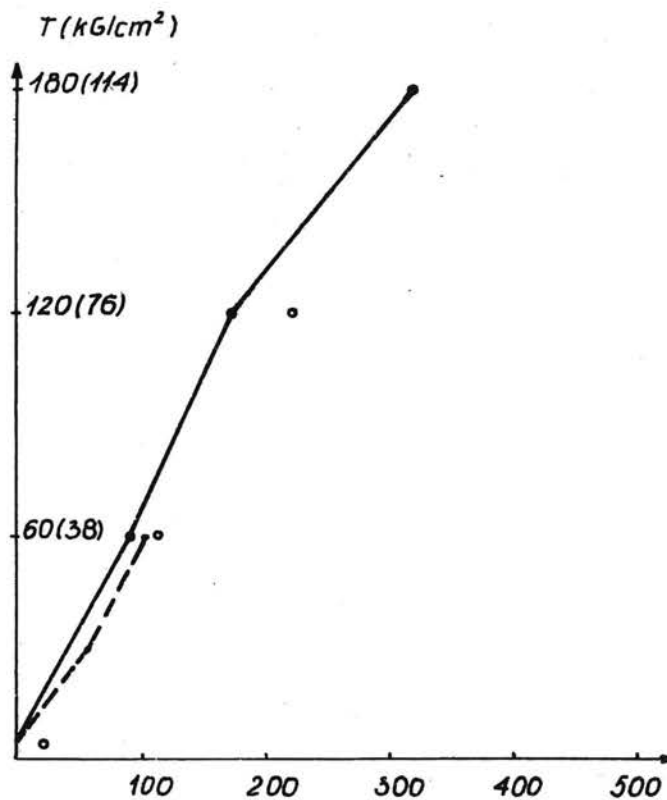
Rys.68. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-5, przekładki z krążków gumowych



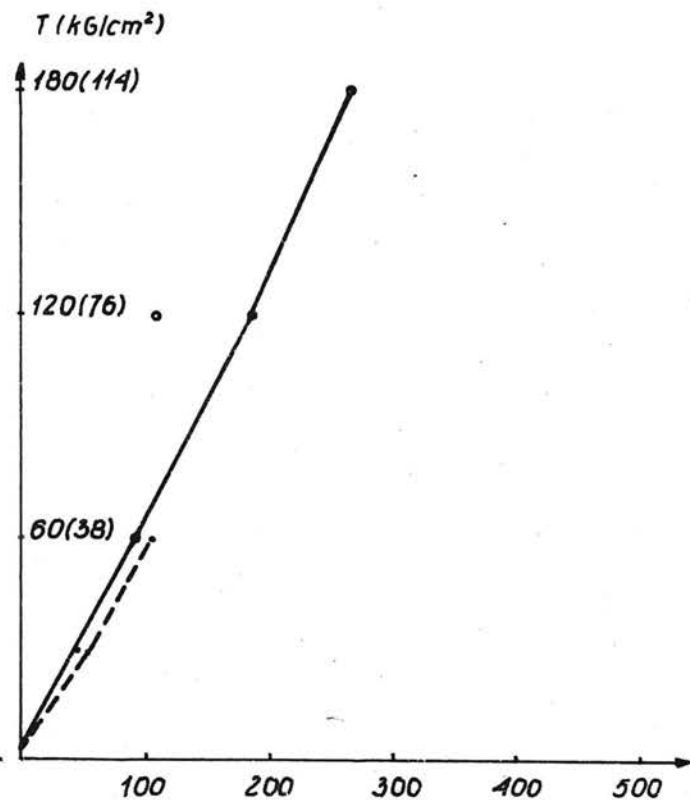
Rys.69. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-6, przekładki z arkuszy gumy



Rys.70. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-6, przekładki z krążków gumowych



Rys.71. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-7, przekładki z arkuszy gumy



Rys.72. Wykresy odkształceń tensometru powierzchniowego Z-7, przekładki z krążków gumowych