

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Ośrodek Robotów Przemysłowych

Zespół Zastosowań Robotów Przemysłowych

Główny wykonawca mgr inż. Maciej Oleksiuk

Wykonawcy mgr inż. M. Bielecka, mgr inż. M. Różycki,
mgr inż. R. Rudnik, mgr inż. G. Szkaradek

Konsultant

Nr zlecenia RP 77.2


Uruchomienie systemu komputerowego
wspomagania prac projektowych dla
nowych i zmodernizowanych robotów
przemysłowych.
Punkt kontrolny 3. Wdrożenie stanowisk
komputerowego wspomaganie projektowania
do prac projektowych i konstrukcyjnych
części manipulacyjnych robotów
przemysłowych.

Zleceniodawca CPBR 7.1 Roboty Przemysłowe

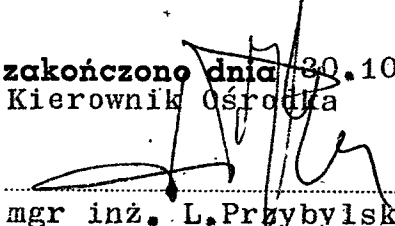
Pracę rozpoczęto dnia kwiecień 1989r
Kierownik Zespołu


doc dr inż. R. Sawwa

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki
i Pomiarów


doc. dr inż. T. Gałazka

zakończono dnia 30.10.90 r
Kierownik Ośrodka


mgr inż. L. Przybylski

Praca zawiera:

stron 23

rysunków 10

fotografii -

tabel -

tablic -

załączników 1

Rozdzielnik - ilość egz:

Egz. 1 BOINTE

Egz. 2 OAR

Egz. 3 OAR

Egz. 4

Egz. 5

Egz. 6

Nr rejestr. 6522

Analiza deskrytorowa

~~komputer, projektowanie, wytrzymałość~~
PROJEKTOWANIE WSPOMAGANE KWP
ROBOT PRZEMISLOWY, OPROGRAMOWANIE

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera opis stanowisk komputerowego wspomaganie projektowania oraz opis wdrożenia ich do projektowania elementów robotów, manipulatorów i zrobotyzowanych stanowisk. Przedstawiono możliwości wykorzystania pakietu Ansys 43 do obliczeń wytrzymałościowych. W zał. nr 1 zamieszczone jest tłumaczenie instrukcji obsługi programu Ansys 43 w części dotyczącej obliczeń wytrzymałościowych, przygotowanie danych i prezentacji wyników.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Nr rej. 5723 „Wytypowanie sprzętu dla stanowiska kWP. Zakup i uruchomienie podstawowego, minimalnego zestawu komputerowego”.

Nr rej. 6128 „Kompletacja, uruchomienie i oprogramowanie kWP w rozwiniętej konfiguracji”.

UKD

338.45:62/69].002.11.2

681.322:658.511.514

MAP-252/03-6000

Roboty przemysłowe

Procesy

Wspomaganie

konstrukcyjne

Spis treści

	str
1. Wstęp.....	3
2. Wdrożenie programu Acad.....	5
3. Wdrożenie programu Ansys.....	14
4. Wnioski.....	22

1. Wstęp.

Celem niniejszej pracy było wdrożenie nowoczesnych technik projektowania w pracach rozwojowych prowadzonych w Instytucie w ramach CPBR 7.1 "Roboty przemysłowe". Do technik tych zaliczyć należy komputerowo wspomagane projektowanie. Jest to proces projektowania, w którym jednym z narzędzi pracy projektanta jest system komputerowy CAD składający się z różnorodnego sprzętu komputerowego (hardware) oraz odpowiedniego oprogramowania (software).

Korzyści płynące z wdrożenia stanowisk komputerowego wspomaganie projektowania mają dwojaki charakter:

- 1) efekty bezpośrednio ekonomiczne,
- 2) efekty pośrednio ekonomiczne.

Do tej pierwszej grupy zaliczyć należy:

- możliwość obniżenia kosztów projektowania dzięki zwiększonej zdolności konstruktora do poszukiwania rozwiązania optymalnego, odciążenie konstruktora od monotony i zrutynizowanych prac i wynikająca stąd możliwość skoncentrowania się na działalności twórczej i koncepcyjnej,
- skrócenie czasu projektowania. Oszczędności czasu są znaczne w przypadku wykonywania zmian w dokumentacji, jej weryfikacji lub wykonywania nowych wersji. Czas i koszty niezbędne do przeprowadzenia w/w prac są wielokrotnie (canajmniej 2-3 razy) mniejsze niż prowadzone tradycyjnymi metodami.
- ułatwienie wykorzystywania już istniejących rozwiązań oraz dostępnej informacji o surowcach i produktach,
- przeprowadzenie badań i symulacji tworzonego projektu i wprowadzanie do niego poprawek przed powstaniem prototypu.

Do tej drugiej należy zaliczyć efekty związane z podniesieniem jakości wyniku pracy czyli:

- mniejsza materiałochłonność konstrukcji,

- zmniejszenie się liczby błędów w dokumentacji,
- atrakcyjniejsza i szersza oferta umożliwiająca zdobycie nowych rynków.

W wyniku realizacji celu wdrożono w PIAP dwa stanowiska komputerowego wspomaganie projektowania w następującej konfiguracji:

- 1) - komputer TALENT z procesorem 80386 wraz z koprocesorem, RAM 2048 kB,
 - monitor EGA 14" wraz z kartą graficzną EGA,
 - HDD 2x80 MB,
 - FDD 1,2 MB,
 - ploter Roland DPX 3300,
 - Witty Mouse.
- 2) - komputer IBM AT z koprocesorem, RAM 1024 kB,
 - monitor MD-7 14" z kartą graficzną EGA,
 - HDD 30 MB,
 - FDD 1,2 MB,
 - FDD 360 kB,
 - tablet TRUE-GRID,
 - drukarka Star NX 15.

Stanowiska te wyposażone są w oprogramowanie niezbędne do prac inżynierskich. W szczególności są to następujące specjalizowane programy:

- 1) Autocad 10 wraz z opisem w języku angielskim przeznaczony do wykonywania rysunków konstrukcyjnych,
- 2) Ansys 43 z opisem w języku polskim przeznaczony do wykonywania obliczeń wytrzymałościowych elementów konstrukcyjnych o złożonych kształtach,
- 3) Orcad przeznaczony do wykonywania schematów elektrycznych,
- 4) Smart przeznaczony do projektowania płytek drukowanych,
- 5) Chi-Writer z opisem w języku polskim przeznaczony do redagowania tekstów.

Ponadto stanowiska wyposażone są w zestaw języków

umożliwiających programowanie:

- 1) Fortran 77,
- 2) Turbopascal,
- 3) GW Basic,
- 4) C.

Z wyjątkiem programu Ansys, który jest zabezpieczony sprzętowo i jest zainstalowany na stanowisku 1), pozostałe programy zainstalowane są na obu stanowiskach.

Wdrożenie w/w stanowisk polegało na praktycznym wykorzystaniu w bieżącej pracy projektowej wykonywanej w ramach CPBR 7.1 posiadanych pakietów oprogramowania. Ze względu na charakter prac projektowych oraz stopień złożoności oprogramowania w niniejszej pracy ograniczono się jedynie do opisu efektów wdrożenia dwóch programów:

- Autocad 10,
- Ansys 43,

jako najciekawszych i najefektywniejszych. Pozostałe, w/w oprogramowanie wykorzystywane jest do różnych prac badawczo rozwojowych w tym również realizowanych w ramach CPBR. Stanowi ono jednak jedynie narzędzie pomocnicze dla grupy projektantów wykorzystujących stanowiska KWP.

Podkreślenia wymaga fakt, że stanowiska te zbudowane są w oparciu o komputery osobiste, a więc przeznaczone są dla jednej osoby. W celu pełniejszego wykorzystania możliwości tych stanowisk, praca na nich została tak zorganizowana, że są one używane przez pięciu projektantów.

2. Wdrożenie programu Acad.

Autocad, oferowany od 1981 roku przez amerykańską firmę Autodesk Inc, jest najczęściej stosowanym programem graficznym dla komputerów IBM PC. Jest to system graficzny służący do wspomagania prac kreślarskich umożliwiający znaczne usprawnienie pracy projektantowi. Od połowy 1988

oferowana jest wersja 10. W stosunku do poprzednich wersji wprowadzono pewne udoskonalenia oraz dołączono kilka uprzednio nie stosowanych funkcji.

Najistotniejszą zaletą jest wprowadzenie do Autocada języka programowania Autolisp, pozwalającego użytkownikowi na pisanie własnych programów i procedur oraz dołączanie do edytora graficznego takich zastosowań jak bazy danych, konstrukcje wariantowe i programy obliczeniowe. Dzięki temu użytkownicy Autocada mają możliwość niekłopotliwego dostosowania go do swoich potrzeb we własnym zakresie.

Niniejsze sprawozdanie nie ma na celu opisanie Autocada, co jest przedmiotem instrukcji obsługi, której znajomość jest warunkiem wstępnym efektywnego stosowania tego bardzo wydajnego narzędzia, ~~jakim jest Autocad~~. Podkreślić należy, że profesjonalne wykorzystywanie tego programu wymaga odpowiedniej konfiguracji stanowiska.

Ponieważ podczas kreślenia przez ploter rysunku niemożliwa jest praca z komputerem, a proces projektowania jest conajmniej 3-4 razy dłuższy od kreślenia, to w celu optymalnego wykorzystania posiadanego sprzętu niezbędne jest rozdzielenie tych funkcji w ten sposób, że na 4 stanowiska projektowania powinno być zorganizowane jedno stanowisko jedynie do kreślenia i drukowania wyników pracy. Stąd w przypadku rozbudowy systemu należy przewidzieć takie stanowisko.

Do profesjonalnej pracy z programem Autocad konieczne jest zastosowanie digitizera. Jest to płaska tablica, po której przesuwać można specjalną lupką. Położenie lupki jest odczytywane na drodze elektromagnetycznej lub elektrostatycznej i przekazywane do komputera. Tego typu urządzenie można stosować na trzy sposoby:

1. do wybierania poleceń i sposobu pracy systemu. W takim przypadku na tablecie narysowane są symbole graficzne odpowiednich poleceń i wskazanie na taki symbol jest

równoznaczne z wydaniem tego polecenia. Na ogół pewien obszar na tablecie jest przeznaczony do sterowanie ruchem kursora,

2. do przenoszenia istniejących już rysunków do pamięci komputera. W tym trybie pracy nakłada się odpowiedni rysunek na tablet i przy pomocy lupki przenosi kolejne punkty do komputera.

3. do wybieranie poleceń z menu ekranowego.

Najefektywniejsze jest rozwiązanie pierwsze, które ma następujące zalety:

- przy wprowadzaniu komend użytkownik ma do swojej dyspozycji uporządkowaną i stworzoną przez siebie, zgodnie z własnymi potrzebami, strukturę łączącą polecenia jednego rodzaju w grupy położone na wydzielonych optycznie obszarach,
- łatwe sterowanie kursorem uzyskane dzięki odpowiedniemu powiązaniu ruchów lupki i kursora,
- podczas długotrwałej pracy użytkownik dzieli swoją uwagę między tablet i ekran dzięki czemu mniej męczy się jego wzrok,
- łatwo można dostosować układ poleceń na tablecie do konkretnego zastosowania a nawet przygotować takie menu, które pozwalają na zarządzanie bazą rysunków lub symboli i wybieranie potrzebnych rysunków bezpośrednio z tabletu,
- przy stałym używaniu tego samego układu menu użytkownik szybko uczy się, dzięki temu może, po nabraniu wprawy, bardzo efektywnie pracować,

Jak wykazują zdobyte doświadczenie, na stanowisku wyposażonym w tablet pracuje się ok 2 razy szybciej niż na stanowisku wyposażonym w "myszę". Praca jedynie z klawiatury jest najwolniejsza.

Poniżej przedstawiono spis niektórych rysunków wykonanych za pomocą programu Autocad na stanowiskach KWP, co stanowi efekt wdrożenia tego stanowiska:

I. Dokumentacja 4805:

Nr rys	Nazwa	Nr zest	Format
Zsp E	Telemanipulator - instal. elektryczna	Zsp	A1
Zsp 28E	Pulpit schemat elektr.	Zsp	A3
Zsp 40	Pozycjoner	Zsp	A2
Zsp 43	Przewód elektr. poziom.	Zsp11	A3
Zsp 44	Przew. elektr. z. wodn.	Zsp11	A3
Zsp 45	Przew. elektr. z. przel.	Zsp11	A3
Zsp 46	Przewód energet. silnika	Zsp11	A3
Zsp 47	Przewód energrt. zasil.	Zsp11	A3
Zsp 48	Przewód elektr. temp.	Zsp11	A3
Zsp 50	Moduł obrotu chwytaka	Zsp40	A2
Zsp 51	Obudowa	Zsp50	A2
Zsp 52	Wał kompletny	Zsp50	A3
Zsp 53	Kabel el. Gn1 szafy ster. -zesp. czujnika siły	Zsp	A2
Zsp 54	Kabel el. Gn9-14 szafy ster.-czujnik. krańc. poz.	Zsp	A2
Zsp 55	Kabel el. Gn3,7,8 szafy ster.-czujnik krańc. osi gł.	Zsp	A2
Zsp 56	Kabel el. Gn16 szafy st. -zsp zaworów. poz.-chwyt.	Zsp	A2
Zsp 57	Kabel el. Gn2 szafy ster. -Gn22 dźwigni sterującej	Zsp	A2
Zsp 58	Kabel el. Gn17 szafy st. -pulpit sterowania	Zsp	A2
Zsp 59	Kabel el. Gn18 szafy st. -zawory ukł. symulacji	Zsp	A2
Zsp 60	Moduł pochylania	Zsp40	A1
Zsp 61	Obudowa górna	Zsp60	A2
Zsp 62	Obudowa dolna	Zsp60	A2
Zsp 63	Kabel el. Gn19 szafy st. -zsp zaworów głównych	Zsp	A2

Zsp 64	Kabel el. Gn20 szafy st. -zasilacz telemanipulatora	Zsp	A2
Zsp 70	Moduł obrotu	Zsp40	A1
Zsp 71	Jarzmo I	Zsp70	A2
Zsp 72	Jarzmo II	Zsp70	A2
Zsp 73	Jarzmo III	Zsp70	A2
Zsp 80	Złącze obrotowe	Zsp40	A2
Zsp 81	Złącze	Zsp80	A3
Zsp 82	Korpus górny	Zsp80	A3
Zsp 83	Korpus dolny	Zsp80	A3
Zsp 85ark.1	Dźwignia sterująca	Zsp	A1
Zsp 85ark.2	Dźwignia sterująca	Zsp	A1
Zsp 85E	Sch. el. dźwigni ster.	Zsp	A4
Zsp 87	Ramię poziome kpl.	Zsp85	A3
Zsp 87a	Przegób kompletny	Zsp85	A3
Zsp 88	Ramię pionowe kpl.	Zsp85	A3
Zsp 89	Jarzmo obrotu	Zsp85	A3
Zsp 911	Przew. symulac. 1/2	Zsp85	A4
Zsp 913	Przew. symulac. 3/4	Zsp85	A4
Zsp 915	Przew. symulac. 5	Zsp85	A4
Zsp 92	Przewód długi	Zsp85	A4
Zsp 95	Rama	Zsp85	A32
Zsp 128	Zesp. zaworów głównych	Zsp	A1
01-01	Podstawa	Zsp133	A1
03-00 ark.2	Mech. obr. platformy	Zsp133	A2
01-01	Płyta dolna	01-00	A2
01-02	Płyta górna	01-00	A2
01-03	Sciana	01-00	A3
01-04	Sciana boczna	01-00	A4
01-05	Pierścień	01-00	A3
01-06	Wspornik	01-00	A4
01-07	Wspornik	01-00	A4
01-08	Zebro	01-00	A4
01-09	Zebro	01-00	A4

01-10	Płyta	01-00	A3
100/1	Kołek	Zsp40	A4
100/2	Kołek	Zsp52	A4
101	Tuleja dystansowa	Zsp40	A3
102	Tulejka	Zsp40	A4
103	Tuleja łożyskowa	Zsp50	A4
104	Tuleja z kołnierzem	Zsp50	A4
105/1	Tuleja	Zsp51	A4
105/2	Tuleja	Zsp51	A4
105/3	Tuleja	Zsp50	A4
106	Płyta I	Zsp51	A4
107	Płyta II	Zsp51	A4
108	Płyta III	Zsp51	A4
109/1	Płyta IV	Zsp51	A4
109/1	Płyta IV	Zsp51	A4
110	Wał	Zsp52	A3
111	Tarcza	Zsp52	A4
112	Kołnierz	Zsp11	A4
113	Oś krótka	Zsp60	A4
114	Oś długa	Zsp60	A4
115	Oś	Zsp60	A4
116	Tuleja łożyskowa	Zsp60	A4
117	Tarcza	Zsp60	A4
118	Płyta	Zsp61	A4
119	Scianka górna	Zsp61	A4
120	Scianka dolna	Zsp61	A4
121	Scianka przednia	Zsp61	A4
122	Scianka boczna	Zsp61	A4
123/1	Tuleja	Zsp62	A4
123/2	Tuleja	Zsp62	A4
123/3	Tuleja	Zsp60	A4
123/4	Tuleja	Zsp61	A4
123/5	Tuleja	Zsp61	A4
124/1	Płyta	Zsp62	A4

11

124/2	Płyta	Zsp62	A4
124/3	Płyta	Zsp62	A4
124/4	Płyta	Zsp62	A4
125	Ucho małe	Zsp62	A4
126	Ucho duże	Zsp62	A4
127	Wał	Zsp70	A3
128	Oś	Zsp70	A4
129	Tarcza	Zsp70	A4
130/1	Tuleja łożyskowa	Zsp70	A4
130/2	Tuleja łożyskowa	Zsp70	A4
131	Tuleja z kołnierzem	Zsp70	A4
132	Scianka prawa	Zsp71	A4
133	Scianka lewa	Zsp71	A4
134	Płyta górna	Zsp71	A4
135/1	Zebro	Zsp71	A4
135/2	Zebro	Zsp71	A4
135/3	Zebro	Zsp71	A4
136/1	Tuleja	Zsp71	A4
136/2	Tuleja	Zsp71	A4
136/3	Tuleja	Zsp71	A4
137	Płyta	Zsp71	A4
138	Płyta	Zsp72	A4
139/1	Ucho	Zsp72	A4
139/2	Ucho	Zsp72	A4
140/1	Tuleja	Zsp72	A4
140/2	Tuleja	Zsp72	A4
140/3	Tuleja	Zsp72	A4
141	Wspornik	Zsp72	A4
142/1	Płytką	Zsp72	A4
142/2	Płytką	Zsp72	A4
142/3	Płytką	Zsp72	A4
143/1	Płyta	Zsp73	A4
143/2	Płyta	Zsp73	A4
144	Zebro	Zsp73	A4

145	Scianka prawa	Zsp73	A4
146	Scianka lewa	Zsp73	A4
147/1	Płyta II	Zsp73	A4
147/2	Płyta II	Zsp73	A4
147/3	Płyta II	Zsp73	A4
147/4	Płyta II	Zsp73	A4
148/1	Tuleja	Zsp73	A4
148/2	Tuleja	Zsp73	A4
150	Kołek	Zsp80	A4
151	Tarcza	Zp80	A4
152	Kolumna	Zsp81	A3
153	Wspornik	Zsp81	A4
154-1	Zabierak	Zsp82	A4
154-2	Zabierak	Zsp83	A4
155	Korpus	Zsp82	A4
156	Rurka	Zsp82	A4
157	Gniazdo przyłączki	Zsp82	A4
200	Ustalacz	Zsp85	A4
201	Podkładka regulac.	Zsp85	A4
202	Nakrętka regulac.	Zsp85	A4
203	Prowadnik	Zsp85	A4
204	Sprężyna nr 1	Zsp85	A4
205	Sprężyna nr 2	Zsp85	A4
206	Wał	Zsp85	A3
207	Krażek obrotowy	Zsp85	A4
208	Wałek łożyskowy	Zsp85	A4
209	Wałek mimośrodowy	Zsp85	A4
210	Spajacz	Zsp85	A4
213	Zacisk mały	Zsp85	A4
214	Wkładka mała	Zsp85	A4
217	Kątownik mocujący	Zsp85	A3
218	Korpus dolny	Zsp85	A3
219	Tuleja ruchowa	Zsp85	A4
240	Ramię poziome dolne	Zsp87	A3

241	Przyłączka	Zsp87	A4
243	Piasta	Zsp87	A4
245	Płetwa	Zsp87	A4
246	Piasta nr 2	Zsp89	A4
247	Płetwa nr 2	Zsp89	A4
248	Wspornik potencj.	Zsp85	A4
249	Osłonka	Zsp85	A4
250	Wspornik przegubu	Zsp85	A3
251	Ramię pionowe	Zsp88	A4
252	Podpora mała	Zsp88	A4
253	Pokrywa	Zsp85	A3
270	Płyta główna	Zsp128	A2
271	Sruba M5 specj.	Zsp128	A4
272	Korpus, zaworów	Zsp128	A1
273	Obudowa	Zsp128	A2
287	Rura	Zsp129	A3
293	Rura	Zsp130	A3
294	Rura P16	Zsp107	A3
295	Rura P14	Zsp107	A3
296	Kostka	Zsp108	A4
297	Rura P13	Zsp106	A4
306	Zawiesie	Zsp42	A4
891	Płetwa nr 3	Zsp89	A4
951	Segment pionowy I	Zsp95	A3
952	Segment pionowy II	Zsp95	A3
951	Segment poziomy	Zsp95	A3

II. Dokumentacja elektryczna (spr. nr 6161)
zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego obsady klocków
hamulcowych:

1	Sch. ideowy połączeń rob. IRb-6	A2
2	Połączenia w szafie. rob. zew.	A3
4	Zmiany w sch. el. pozycjon. DOM	A2
5	Poł. kabl. pomiędzy. urz. stanow.	A3

III. Schematy i rysunki ofertowe oraz przeznaczone do

sprawozdań z prac z zakresu aplikacji robotów przemysłowych.

IV. Obecnie wykonywane są między innymi dokumentacje zrobotyzowanych stanowisk do nakładania kleju na podzespoły licencyjnego samochodu X79 przeznaczone dla FSM w Tychach.

Z wykorzystaniem programu Smart wykonano rysunki płyty głównej Mikroprocesorowego sterownika do układów elektropneumatycznych MSEP nr rys 4901 - 2 ark. A1.

3. Wdrożenie programu Ansys.

Program Ansys 43, który stanowi wyposażenie pierwszego stanowiska o konfiguracji opisanej we Wstępie, składa się z dwóch pakietów: PC Linear i PC Solid. Pierwszy z nich służy do wykonywania obliczeń. Drugi niezbędny jest do w procesie przygotowania danych. Program ten wykorzystuje do obliczeń metodę elementów skończonych (MES).

Polega ona na podziale dowolnie złożonego, modelowanego obiektu na skończoną ilość prostych elementów łatwych do opisu matematycznego i mechanicznego. W obliczeniach zakłada się, że zmiany pomiędzy węzłami elementu skończonego, wynikające z oddziaływania zewnętrznego w stosunku do tego elementu, są liniowe o określonym współczynniku (np proporcjonalnym do modułu Younga). Metoda ta pozwala na wykonanie obliczeń statycznych i dynamicznych badanego obiektu:

1. Obliczenia statyczne polegają na określeniu odkształceń konstrukcji poddanej danemu obciążeniu i zamocowanej w określony sposób, oraz określeniu reakcji i naprężeń.

2. Obliczenia dynamiczne umożliwiają określenie drgań konstrukcji pod zadanym wymuszeniem, jej częstotliwości drgań własnych itp.

Ad 1) Analiza statyczna wymaga rozwiązania równania:

$$[K] \{U\} = \{F\} ;$$

gdzie:

$[K]$ - macierz sztywności,

$\{U\}$ - wektor przesunięć w węzłach,

$\{F\}$ - wektor obciążeń.

Po określeniu odkształceń następuje obliczenie naprężeń a następnie przedstawienie wyników w wybranej formie.

Ad 2) Analiza dynamiczna wymaga rozwiązania równania:

$$[M] \{\ddot{U}\} + [D] \{\dot{U}\} + [K] \{U\} = \{F\} ;$$

gdzie:

$[M]$ - macierz bezwładności,

$[D]$ - macierz tłumienia,

$[K]$ - macierz sztywności,

$\{U\}$ - wektor przesunięć w węzłach,

$\{F\}$ - wektor obciążeń.

Jak wiadomo rozwiązanie tego układu równań jest możliwe jedynie przy wykonaniu pewnych założeń upraszczających. Przyjmuje się, że macierz tłumienia jest diagonalna.

Na tym etapie wdrożenia tego programu, ze względu na istniejące potrzeby, ograniczono się do obliczeń statycznych.

Obliczenia przy pomocy programu Ansys 43 wykonywane są w trzech etapach:

- określenie geometrii obiektu i generowanie siatki elementów,
- dokonanie obliczeń,
- opracowanie wyników.

Znajduje to swoje odbicie w podziale systemu Ansys na następujące moduły:

1. Preprocesor PREP 7, który umożliwia:

- przygotowanie informacji o geometrii obiektu we współrzędnych kartezjańskich lub walcowych, lokalnych i globalnych,

- automatyczne generowanie siatki wraz z jej wizualizacją i interaktywną możliwością nanoszenia poprawek oraz zmian takich jak przesuwanie węzłów i lokalne zagęszczanie siatki,
- interaktywne wprowadzenie danych o materiale i obciążeniach zewnętrznych oraz warunkach brzegowych,
- automatyczną numerację elementów siatki, - graficzną i trójwymiarową wizualizację obiektu, siatki, węzłów, z różnych dowolnie wybranych punktów umieszczenia obserwatora.
- wybór rodzajów elementów skończonych płaskich i przestrzennych spośród poniższej listy:

STIF1- dźwigar dwudymiarowy

STIF2- figura 6-węzłowa

STIF3- dwuwymiarowa belka sprężysta

STIF4- trójwymiarowa belka sprężysta

STIF8- dźwigar trójwymiarowy

STIF14- sprężyna

STIF16- rura sprężysta

STIF17- trójkąt sprężysty

STIF18- zakrzywiona rura sprężysta

STIF21- uogólniona masa

STIF27- macierz sztywności lub mas

STIF40- sprężyna ze szczeliną

STIF42- dwuwymiarowa figura izoparametryczna

STIF44- trójwymiarowa zwięzająca się belka niesymetryczna

STIF45- trójwymiarowa figura izoparametryczna

STIF51- stożkowa powłoka osiowosymetryczna

STIF52- szczelina trójwymiarowa

STIF54- dwuwymiarowa zwięzająca się belka niesymetryczna

STIF63- powłoka czworoboczna trójwymiarowa

STIF82- dwuwymiarowa 8-węzłowa figura izoparametryczna

STIF92- trójwymiarowyczworościan 10-węzłowy.

2. Program analityczny Ansys, który na podstawie danych przygotowanych w module preprocesora wykonuje całość koniecznych obliczeń i zapisuje dane do opracowania przy

pomocy postprocesora.

3. Postprocesor POST1 (do analizy statycznej) lub POST 26 (do analizy dynamicznej) służący do obróbki i analizy uzyskanych wyników. Zapewnia on graficzne zobrazowanie wyników na ekranie monitora lub drukarce, dzięki czemu możliwa staje się szybka analiza jakościowa konstrukcji oraz dokonanie w niej niezbędnych poprawek i przekazanie zmodyfikowanych danych do ponownych obliczeń. Wyniki można przedstawić w następującej formie:

- porównanie wyglądu konstrukcji obciążonej i nieobciążonej obserwowane z dowolnego punktu w następujących skalach:

- 1:1

- odkształcenie maksymalne stanowi 5% wymiaru,

- mapa naprężeń głównych lub ich składowych lub zredukowanych obserwowana z dowolnego punktu.

Specyfika prac konstrukcyjnych prowadzonych w OAR/RA2 powoduje, że celowe jest stosowanie programu Ansys do obliczeń statycznych przy wykorzystaniu następujących elementów z biblioteki:

STIF 45 - trójwymiarowa figura izoparametryczna - może być stosowana do modelowania dowolnych brył trójwymiarowych wykonanych z materiału izoparametrycznego. Element jest szczególnie wygodny przy podziale modelowanej bryły na elementy prostopadłościenne,

STIF 52 - szczelina trójwymiarowa - może być stosowana do modelowania powierzchni stykających się brył trójwymiarowych. Jest elementem nieliniowym, który pozwala na swobodne przemieszczanie się stykających się brył w jednym kierunku (utrata kontaktu) oraz powoduje pojawienie się reakcji uniemożliwiającej wzajemne przeniknięcie się obu brył przy przemieszczeniu się brył w drugim kierunku.

Stosowanie tego elementu wymaga przeprowadzenia obliczeń iteracyjnych.

STIF 63 - powłoka czworoboczna trójwymiarowa - pozwala

na łatwe i szybkie modelownie konstrukcji trójwymiarowych, w których np. grubość blachy jest znacznie mniejsza od pozostałych wymiarów konstrukcji. Wymaga podania grubości blachy jako parametru elementu (Real constant) a wyniki obliczeń są podawane dla powierzchni dolnej, środkowej i wierzchniej zależnie od opcji wybranej w postprocesorze.

Na rysunkach 1a, 1b i 1c zestawiono dla porównania wyniki obliczeń płyty z otworem, do modelowania której zastosowano element STIF 45 i STIF 63. Płyta po lewej stronie jest zamodelowana przez elementy typu STIF 63 a po prawej przez STIF 45. Trójkąty wzdłuż prostej tylnej krawędzi obu płyt przedstawiają zamocowanie płyty wzdłuż tej krawędzi z odebraniem wszystkich stopni swobody węzłom leżącym na niej. Strzałki na tej krawędzi są graficznym przedstawieniem reakcji w węzłach. Obciążeniem obu płyt są siły działające w płaszczyźnie płyty przyłożone do wewnętrznej krawędzi otworu oraz siła prostopadła do płaszczyzny płyty przyłożona w osi płyty w punkcie wewnętrznym otworu. Rysunek 1a przedstawia naprężenia w warstwie wierzchniej elementu STIF 63, 1b w warstwie środkowej a 1c w dolnej. Porównanie wszystkich rysunków wskazuje na konieczność stosowania elementu STIF 45 w konstrukcjach, przy których grubość materiału nie może być pominięta w porównaniu z innymi wymiarami.

Na rysunku 2a i 2b oraz 3a i 3b przedstawiono model i wyniki obliczeń dla wału umocowanego w panewce i obciążonego siłami poprzecznymi. Dla skrócenia czasu obliczeń zamodelowano tylko 1/4 panewki i 1/8 część wału. Przyjęto zamocowanie panewki w nieruchomym i sztywnym żebrze (które w modelu zostało uwzględnione w postaci warunku brzegowych dla niektórych węzłów panewki) oraz symetrię konstrukcji i obciążenia. Model przedstawiony na rysunku 2 został wykonany przy zastosowaniu jednego typu elementów STIF 45. Model z rysunku 3 został wykonany przy zastosowaniu STIF 45 i STIF

52. Elementy STIF 52 (szczeliny) zostały wprowadzone pomiędzy wał i panekę we wszystkich sąsiadujących ze sobą węzłach. Różnica pomiędzy uzyskanymi wynikami jest szczególnie dobrze widoczna na rysunkach 2b i 3b przedstawiającymi naprężenia oraz przesunięcia w wale i panewce. Na rysunku 2b widać wyraźnie brak przesunięcia pomiędzy wałami i panewką oraz ciągłość naprężeń w obu elementach. Oznacza to, że taki model jest słuszny dla wału o zmiennej średnicy a nie dla wału w panewce. Po zastosowaniu elementów STIF 52 widać wyraźnie na rys. 3b zmianę w rozkładzie naprężeń oraz wzajemne przemieszczenie się wału i panewki. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność stosowania elementów STIF 52 tam gdzie jest możliwe wzajemne przemieszczanie się elementów modelowanej konstrukcji.

Jako pierwsze wdrożenie programu Ansys 43 wykonano obliczenia wytrzymałości elementów konstrukcji nośnej telemanipulatora w zespole pozycjonera. Ze względu na kształt (złożony korpus) na etapie projektowania, bez stosowania metody elementu skończonego, obliczenia wytrzymałościowe miały charakter orientacyjny. Przeprowadzone dokładne obliczenia pozwoliły poprawić konstrukcję i obniżyć jej ciężar bez zmniejszenia wytrzymałości, co prowadzi do poprawy parametrów telemanipulatora, dzięki zmniejszeniu się masy ruchomej umieszczonej na ramieniu.

Tok obliczeń zostanie przedstawiony na przykładzie zespołu ZSP 52. Jest to dolny moduł pozycjonera składający się z dwóch żeber z panewkami, które łożyskują wał obrotu chwytaka, oraz z płyty, do której mocowany jest siłownik obrotowy. Zebra oraz płyta siłownika połączone są ze sobą przy pomocy dwóch ścian bocznych oraz jednej górnej, która przy pomocy czterech śrub jest połączona z kolejnym modułem pozycjonera.

Wszystkie omówione dalej modele zostały wykonane przy

pomocy preprocesora PREP 7 programu PC/Solid. Kolejność tworzonego modelu została pokazana na rysunkach 4a do 4e. Na rysunku 4a pokazano model konstrukcji modułu opisany przy pomocy odcinków (ang. line segment). Do określenia odcinka należy uprzednio zdefiniować punkty początkowy i końcowy natomiast kształt odcinka (łuk lub prosta) zależy od wybranego układu współrzędnych. Przy pomocy co najmniej trzech takich odcinków można zdefiniować powierzchnię dokładniej opisującą geometrię modelowanego obiektu (rys. 4b). Co najmniej cztery powierzchnie mogą posłużyć do zdefiniowania bryły. Modelowana konstrukcja składa się z pewnej ilości takich brył (rys. 4c). Po zakończeniu definiowania brył można je podzielić na elementy skończone. Czynność ta wykonywana jest przez program PC/Solid automatycznie, a sposób podziału jest kontrolowany przez operatora poprzez określenie kształtu generowanych elementów oraz ilości elementów generowanych wzdłuż odcinków. Należy tak dobierać podział odcinków aby w miejscach styku poszczególnych brył generowane elementy i węzły znajdowały się w tym samym miejscu gdyż przenoszenie się obciążenia odbywa się tylko w węzłach. Powoduje to że np. ściana boczna modelowanego zespołu składa się z wielu powierzchni i brył tak że "widać" na niej "ślady" wewnętrznych żeber. Na rysunku 4d i 4e pokazano wygenerowane przez program PC/Solid elementy (zastosowano typ STIF 45) oraz węzły.

Po określeniu wszystkich węzłów (rys. 4e) można określić obciążenie konstrukcji oraz sposób jej zamocowania (czyli warunki brzegowe). W obliczeniach zespołu Zsp 52 przyjęto dwa przypadki obciążeń :

- przypadek I (przedstawiony na rysunku 4e) gdy obie panewki obciążone są siłami działającymi w płaszczyźnie żeber w kierunku X i Y a trzecia płyta, do której mocowany jest siłownik obrotowy, obciążona jest momentem skręcającym,
- przypadek II, gdy działają tylko siły obciążające

obie panewki w kierunku Y.

W obu przypadkach siłownik mocowany jest przez unieruchomienie 8 węzłów znajdujących się na górnej płycie.

Na rysunku 5a pokazano ogólny rozkład naprężeń w module ZSP 52 a na rysunku 5b w płycie przedniej tego modułu przed jego modyfikacją przy obciążeniu jak w przypadku I. Widać, że maksymalne naprężenia występują w panewkach oraz że ściany boczne i górna mogą mieć zmniejszoną grubość bez zmniejszenia wytrzymałości konstrukcji.

Po zmodyfikowaniu konstrukcji wykonano ponownie obliczenia w ich wynik został przedstawiony na rys. 6a do 6f. Porównując rys. 5a z 6a widać że wzrosły naprężenia w ścianach bocznych oraz że maksymalne naprężenia praktycznie nie uległy zmianie. Podobne wnioski można wyciągnąć z porównania obrazu obciążeń płyty czołowej na rys. 5b i 6b. Ponadto na rysunku 6c pokazano widok modułu od tyłu (na płytę do mocowania siłownika obrotowego). Na rysunku 6d pokazano obraz naprężeń w środkowym żebrze z panewką, a na rysunkach 6e i 6f przekroje wzdłuż płaszczyzny YZ czyli widoki na ściany boczne od wnętrza modułu.

W celach porównawczych wykonano dodatkowo obliczenia zmodyfikowanego modułu pod obciążeniem w przypadku I w zmienionych warunkach brzegowych (rys. 7a). Założono mianowicie że górna płyta jest w kontakcie z drugą nieodkształcalną płytą, która uniemożliwia odkształcenie się w górę. W tym celu do wszystkich węzłów znajdujących się na górnej powierzchni dołączono jeden węzeł elementu typ STIF 52 a drugi koniec tego elementu unieruchomiono. Wykonano osiem iteracji w ich wynik jest zilustrowany na rys. 7a. Maksymalne naprężenie praktycznie w porównaniu z rys. 6a nieuległy zmianie natomiast zmienił się charakter obciążeń co wyraźnie widać przy porównaniu rysunków 6b i 7b.

Na rysunkach 8a i 8b przedstawiono wyniki obliczeń modułu ZSP 52 w przypadku obciążenia II przed

zmodyfikowaniem konstrukcji a na rysunkach 9a i 9b po zmodyfikowaniu konstrukcji. Ponadto w celach porównawczych wykonano obliczenia modułu ZSP 52 pod obciążeniem II przed modyfikacją przy zastosowaniu STIF 63. Wyniki obliczeń dla warstwy wierzchniej przedstawiono na rysunku 10a i 10b. Celem porównania miało być sprawdzenie wpływu zmiany typu elementu na czas przygotowania modelu oraz obliczeń. Z porównania wyników obliczeń naprężeń wynika, że są one zbliżone do siebie. Czas dokonania obliczeń przez program Ansys Linear nie zależał w obu tych wypadkach od typu wybranego elementu tak więc celowe wydaje się być stosowanie elementu type STIF 45 przy modelowaniu konstrukcji telemanipulatora.

W ramach prac wdrożeniowych wykonano tłumaczenia obszernych fragmentów instrukcji obsługi programu Ansys PC Linear -rozdziały 1,5,6,7,8,11 oraz załączniki A,B i C - stanowiące załącznik do tej pracy.

4. Wnioski.

Zrealizowane zakupy komputerów, urządzeń peryferyjnych i oprogramowania pozwalają na wykonywanie zadań projektowych wliczając w to obliczenia wytrzymałościowe. Możliwe do uzyskania korzyści wynikające z zastosowania tej techniki są omówione we wstępie do sprawozdania. Została również przeszkolona kadra, która może właściwie wykorzystywać stanowiska KWP.

Potwierdziły się spotykane w prasie fachowej opinie dotyczące wdrażanie systemów CAD. Pełne wdrożenie systemów kreślarskich typu Autocad jest stosunkowo łatwe i projektanci mogą tego typu program efektywnie wykorzystać już po krótkim czasie od jego wprowadzenia. Pewnym problemem jest brak bibliotek części normalnych zgodnych z PN, lecz w przypadku konstrukcji realizowanych w OAR ograniczenie to nie

wpływa w sposób istotny na efektywność stosowania programów.

Wdrożenie systemu MES w porównaniu z systemem CAD jest trudniejsze i wymaga znacznie dłuższego czasu oraz większego nakładu pracy. Z przedstawionych przykładów wynika, że wyniki obliczeń w pewnym stopniu zależą od zastosowanego modelu. Szczególnie istotna jest umiejętność właściwej oceny uzyskanych wyników i odniesienia ich do rzeczywistej konstrukcji. Właściwe rozwiązanie tych problemów wymaga zdobycia wieloletniego doświadczenia w stosowaniu systemu MES oraz posiadania możliwości doświadczalnej weryfikacji wyników obliczeń.

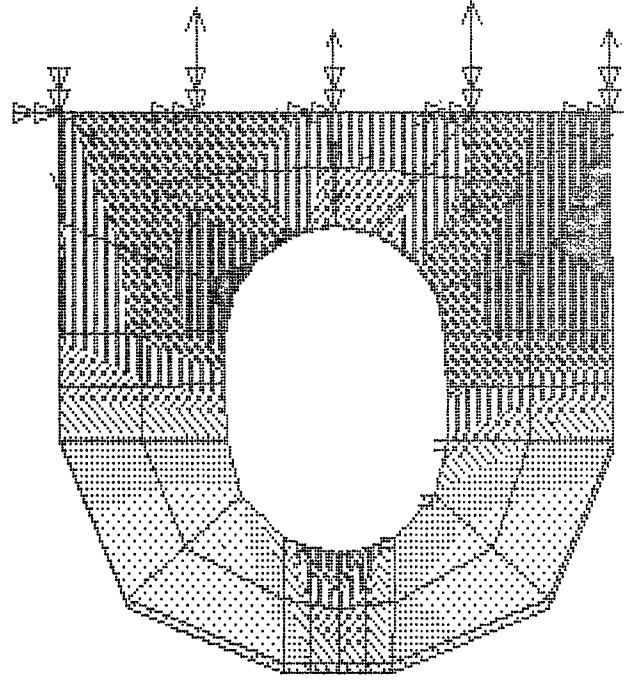
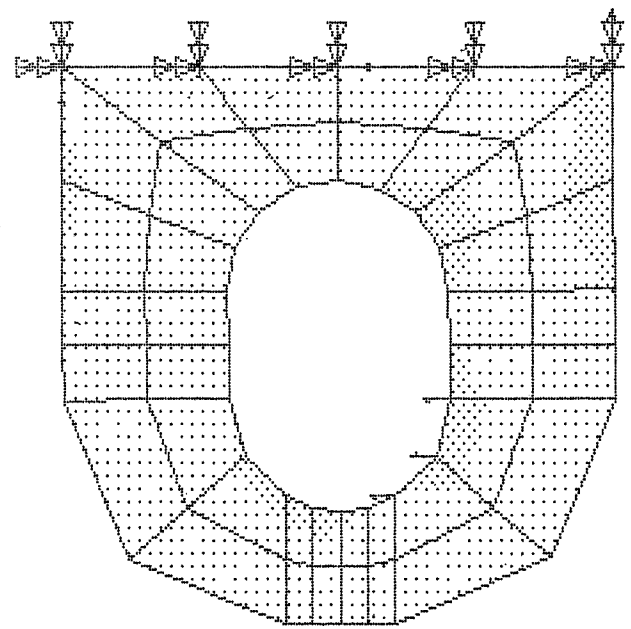
Doświadczenia z dotychczasowej pracy wskazują, że celowa jest dalsza rozbudowa stanowisk, polegająca na:

- stopniowym zwiększaniu ich liczby tak, aby upowszechnić technikę CAD,
- utworzeniu wydzielonego stanowiska komputerowego do współpracy z drukarką i ploterem, aby nie blokować stanowisk KWP drukowaniem rysunków lub tekstu.

Oprogramowanie Ansys stanowi bardzo mocne narzędzie w rękach projektantów umożliwiające optymalizację konstrukcji.

ANSYS 4.304
 OCT 24 1996
 11:12:47
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AVG)
 TOP
 DMX = 1.715
 SMN = -1.958
 CMX = 535.998

YU = 1
 DIST = 137.5
 XF = 75
 YF = 5
 ZF = 50
 PRECISE HIDDEN
 79.873
 136.189
 193.385
 250.425
 307.536
 364.651
 421.767
 478.883
 535.998



Rys. 1a

Porównanie modeli STIF 63 i
 STIF 45 warstwa wierzchnia

66

85

```

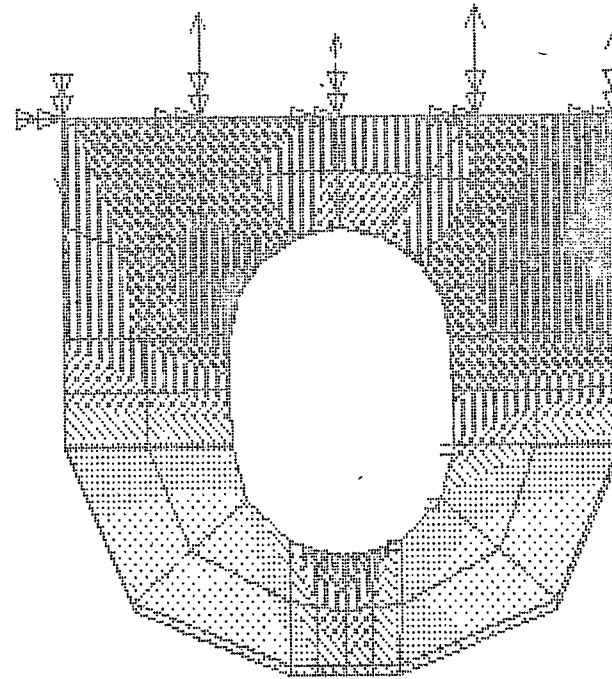
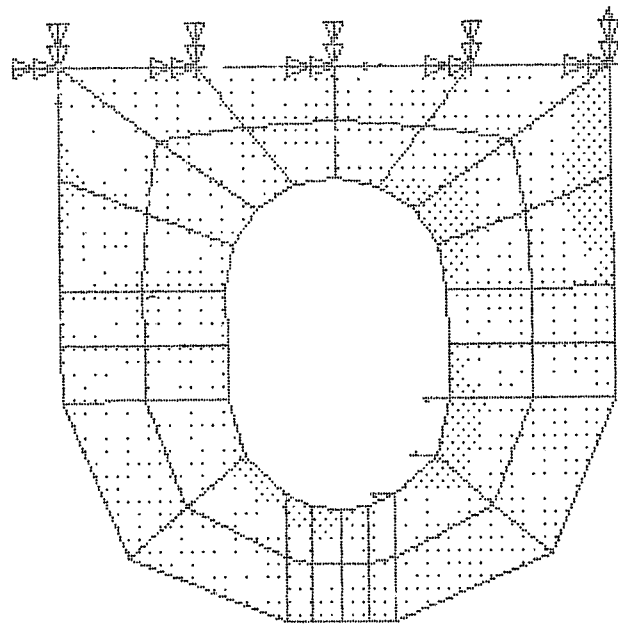
ANSYS 4.304
OCT 24 1998
11: 0:21
STEP=1
ITER=1
SIZE (AUG)
MIDDLE
DMX = 1.715
DMN = 121.958
CMX = 1337.998

```

```

VV = 1
DIST = 137.5
XF = 75
YF = 50
ZF = 50
PRECISE HIDDEN
100 75.873
100 106.189
100 103.385
250 250.425
300 307.506
300 364.501
400 421.767
400 478.883
500 500.998

```

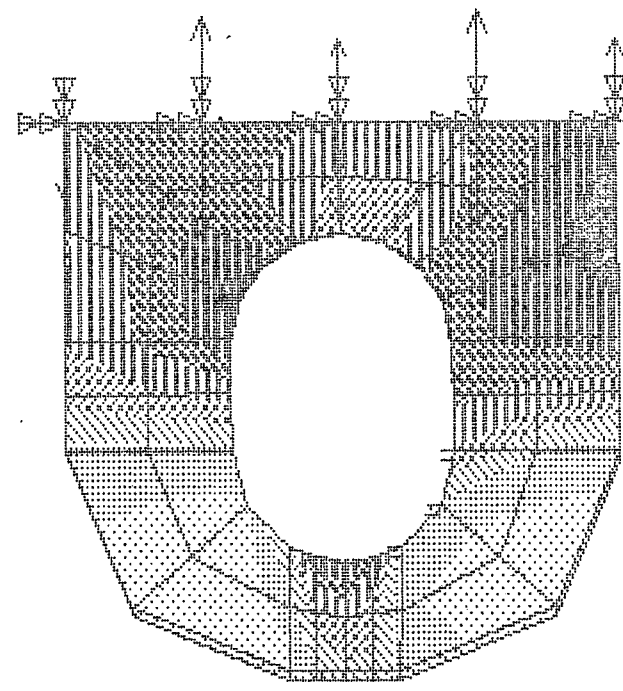
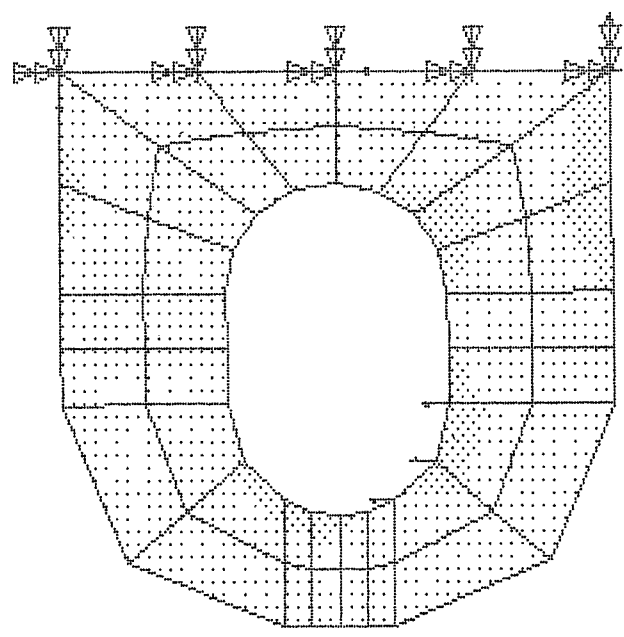


Rys. 1b
 Porównanie modeli STIF 63 i
 STIF 45 warstwa środkowa

28

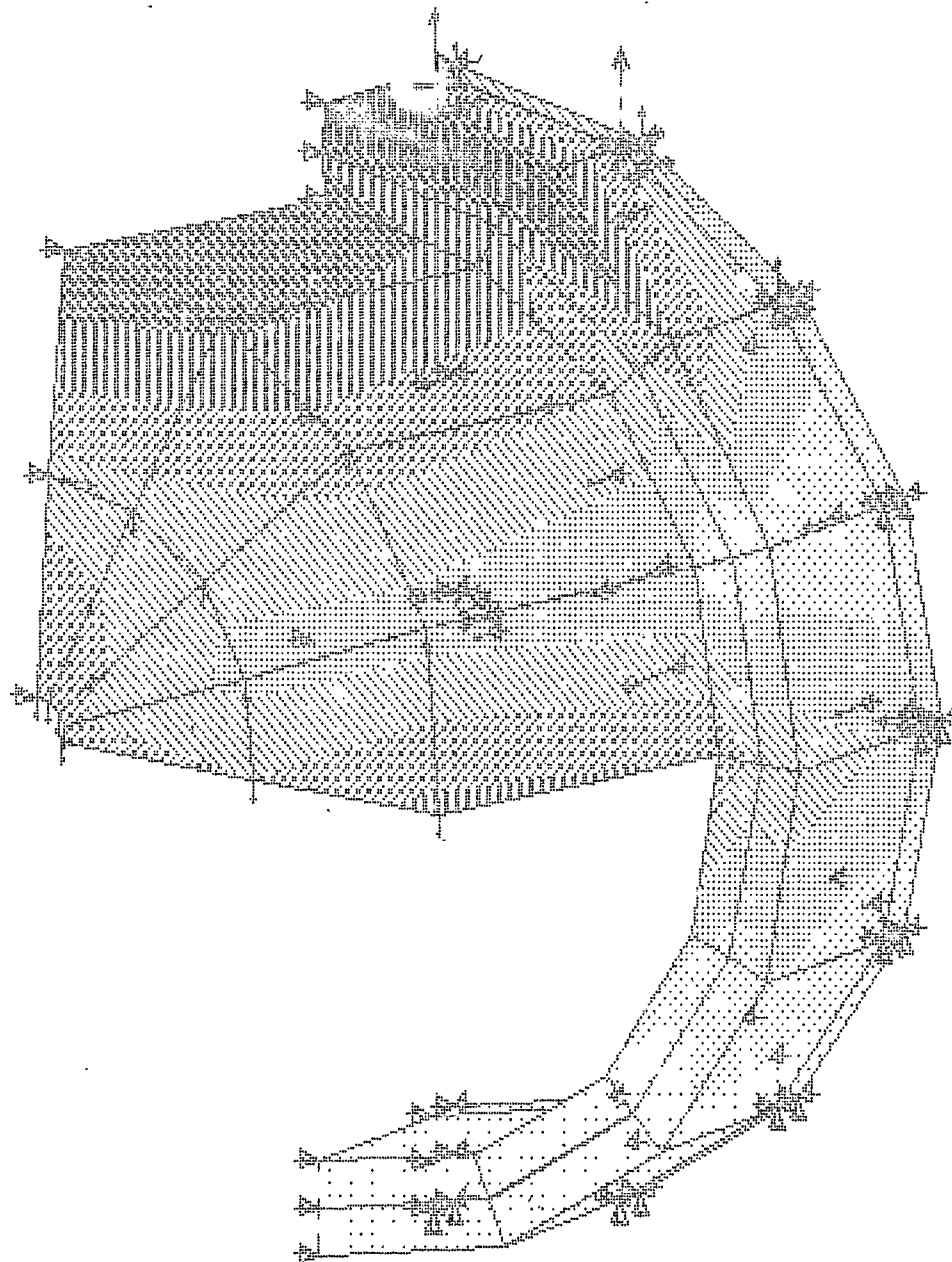
ANSYS 4.304
 OCT 24 1998
 11:16: 1
 STEPS=1
 STEP=1
 ITER=1
 SIZE (AUG)
 BOTTOM
 DMX = 1.715
 SMN = 31.958
 SMX = 535.998

YU = 1
 DIST = 137.5
 XF = 75
 YF = 50
 ZF = 50
 PRECISION HIDDEN
 79.073
 136.189
 193.385
 250.48
 307.536
 364.651
 421.767
 478.883
 535.998



76

Rys. 1c
 Porównanie modeli STIF 63 i
 STIF 45 warstwa dolna



ANSYS 4.394
 OCT 24 1998
 10:48:35
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SICE (AVG)
 DMX =0.194595
 SMN =1.433
 SMX =357.987

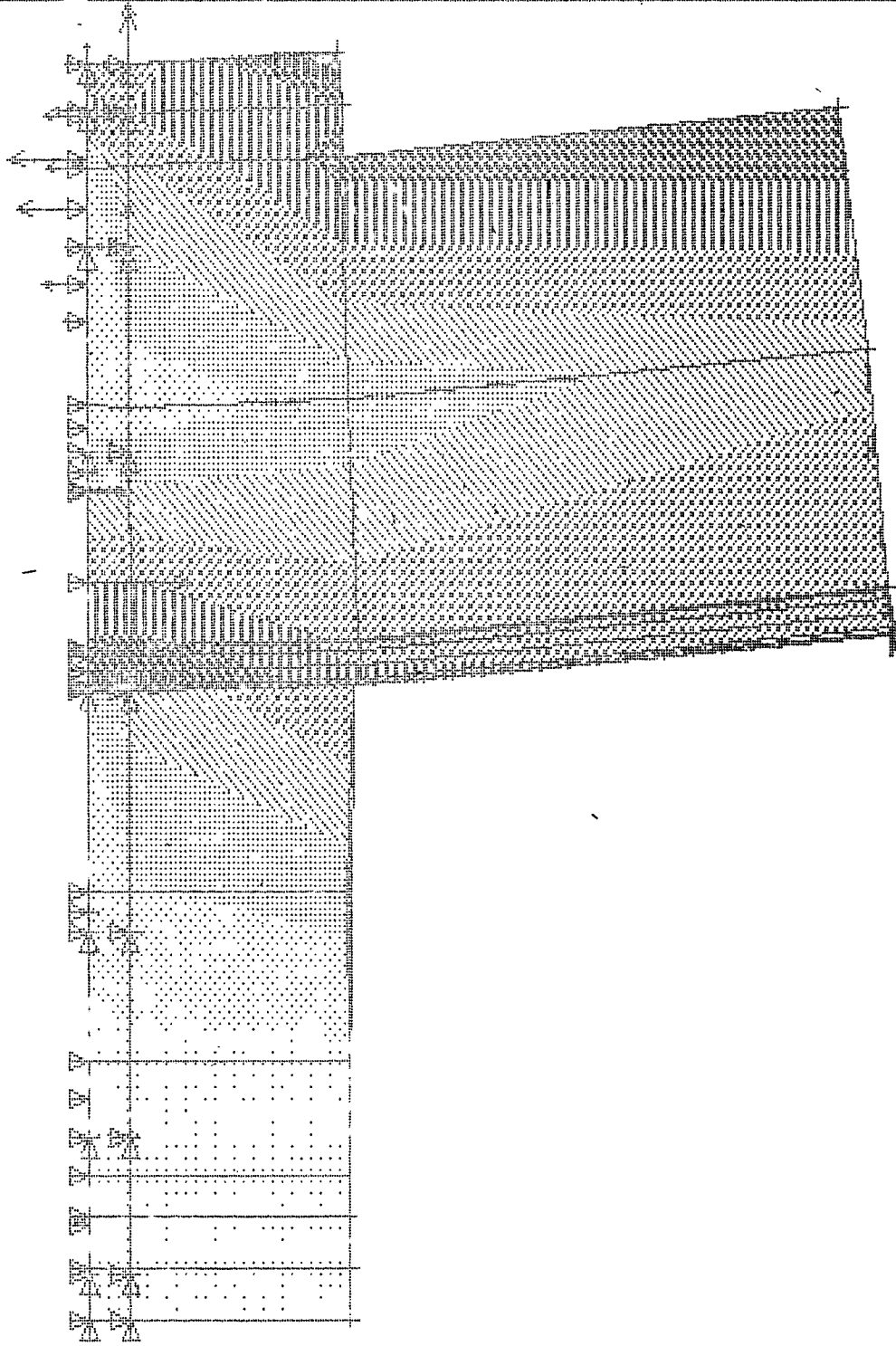
XU =4
 YU =2
 ZU =6
 DIST=77.664
 XF =30
 ZF =37.5
 PRECISE HIDDEN

[Pattern]	41.841
[Pattern]	86.649
[Pattern]	128.257
[Pattern]	159.866
[Pattern]	199.474
[Pattern]	239.082
[Pattern]	278.691
[Pattern]	318.299
[Pattern]	357.907

Rys. 2a

Model wałka z panewką typ
 elementu STIF 45. Widok.

88

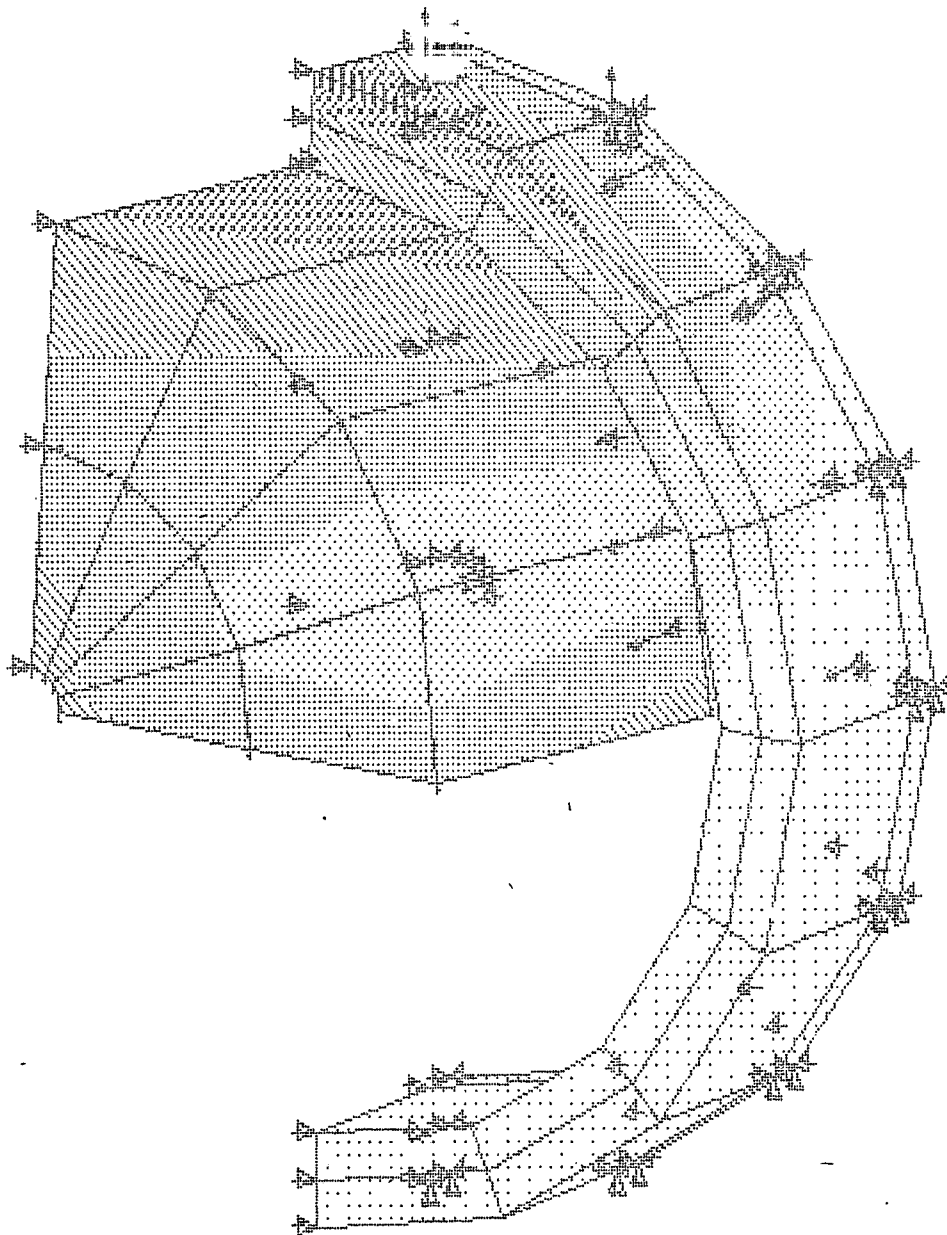


ANSYS 4.3A4
 OCT 24 1998
 10:51:57
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AVG)
 DMX =0.194595
 SMN =1.433
 SMX =357.987

XU =-1
 DIST=66
 XF =333
 ZF =37.5
 PRECISE HIDDEN
 41.641
 88.649
 128.257
 159.866
 199.474
 239.982
 278.691
 318.299
 357.987

676

Rys. 2b
 Model wałka z panewką ty:
 elementu STIF 45. Przekrój.



ANSYS 4.344
 OCT 24 1990
 10:59:16
 STRESS
 STEP=1
 ITER=10
 SIGE (AVG)
 DMX =0.2872
 SMN =0.195833
 SMX =583.354

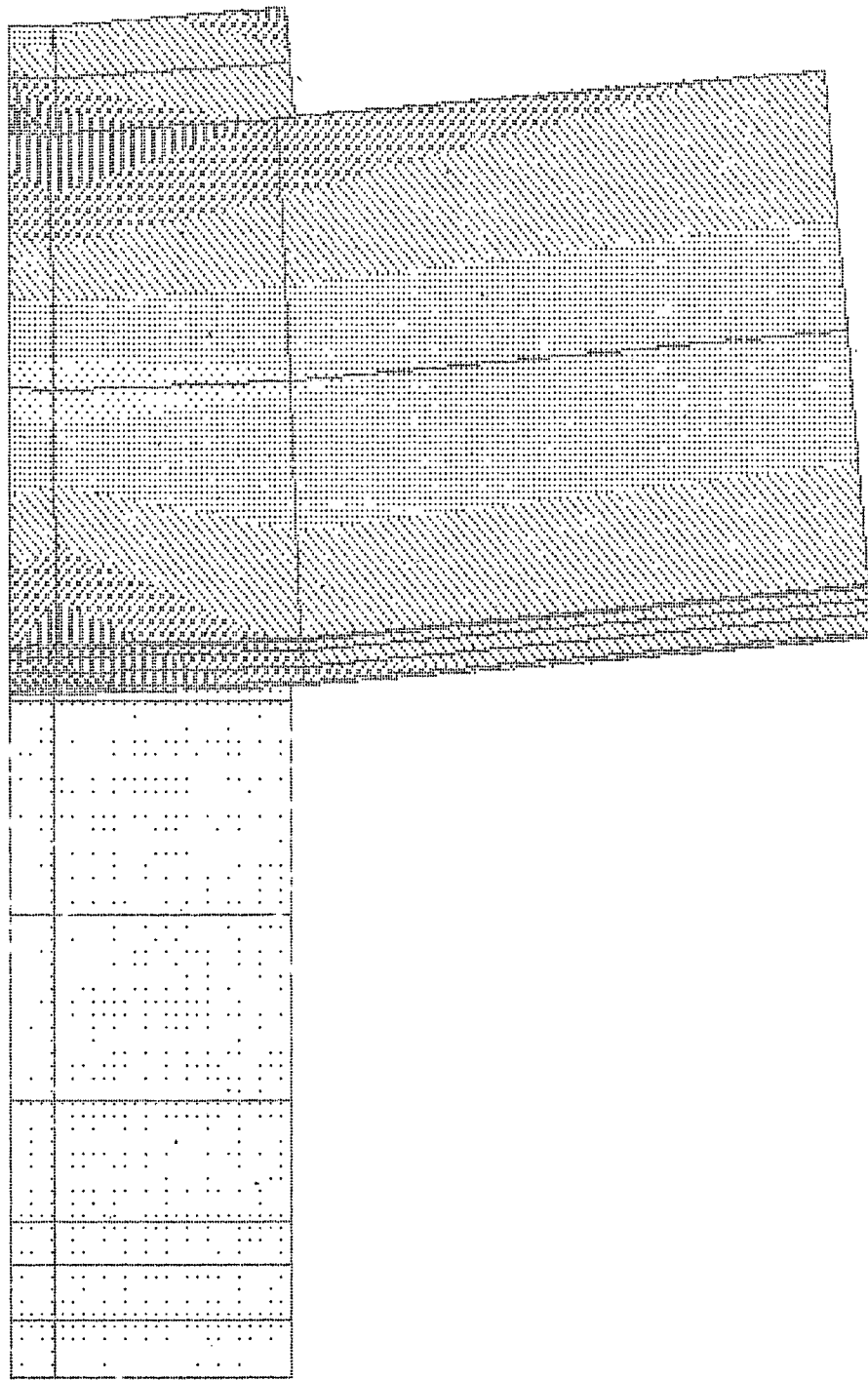
XU =4
 YU =2
 ZU =0
 DIST=77.664
 XF =38
 ZF =37.5
 PRECISE HIDDEN

[Pattern]	64.991
[Pattern]	129.786
[Pattern]	194.582
[Pattern]	259.377
[Pattern]	324.172
[Pattern]	388.968
[Pattern]	453.763
[Pattern]	518.558
[Pattern]	583.354

Rys. 3a
 Model wałka z panewką ty
 elementu STIF 45 i STIF 52
 Widok.

30

31



```

ANSYS 4.3A4
OCT 24 1990
11:30:30
STEP=1
ITER=18
SIGE (AUG)
DMX =0.2872
SMN =5.195833
SMX =500.354

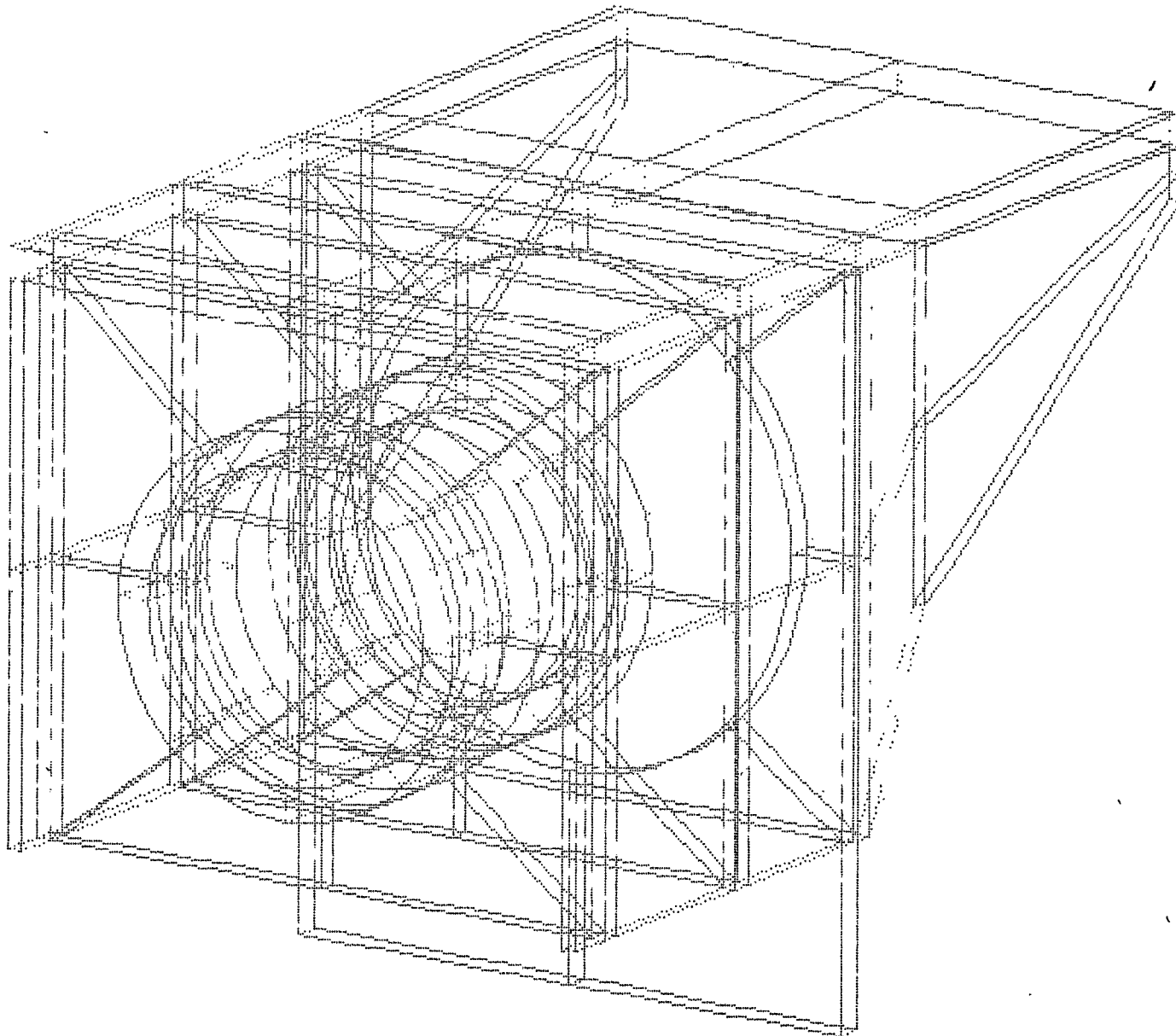
```

```

XU = 1
DIST = 66
XF = 355
ZF = 375
PRECISE HIDDEN
54.991
120.786
144.582
250.377
324.172
388.968
453.763
518.558
583.354

```

Rys. 3b
 Model wałka z panewką ty
 elementu STIF 45 i STIF 52
 Przekrój.



ANSYS 4.304
 OCT 26 1990
 7:58:46
 PLOT NO. 2
 LINES

XU =-4
 YU =2
 ZU =-6
 DIST=226.373
 YF =-26.5
 ZF =192.5
 HIDDEN

Rys. 4a
 Model zespołu ZSP 52.
 Odcinki (Line Segments).

32

TITLE

XU = -4

YU = 2

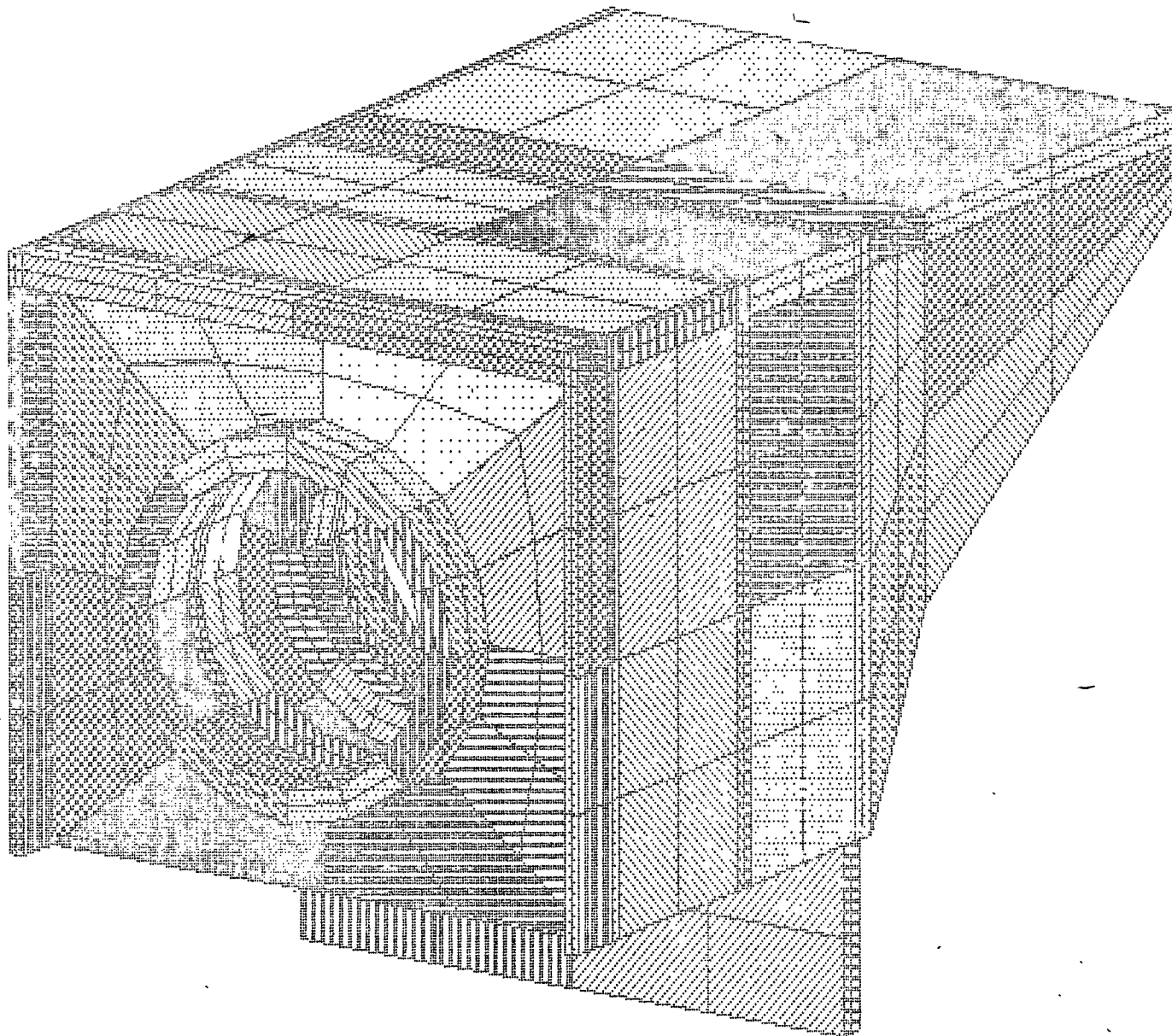
ZU = -6

DIST=226.373

VF = -26.5

ZF = 192.5

PRECISE HIDDEN



Rys. 4b

Model zespołu ZSP 52..

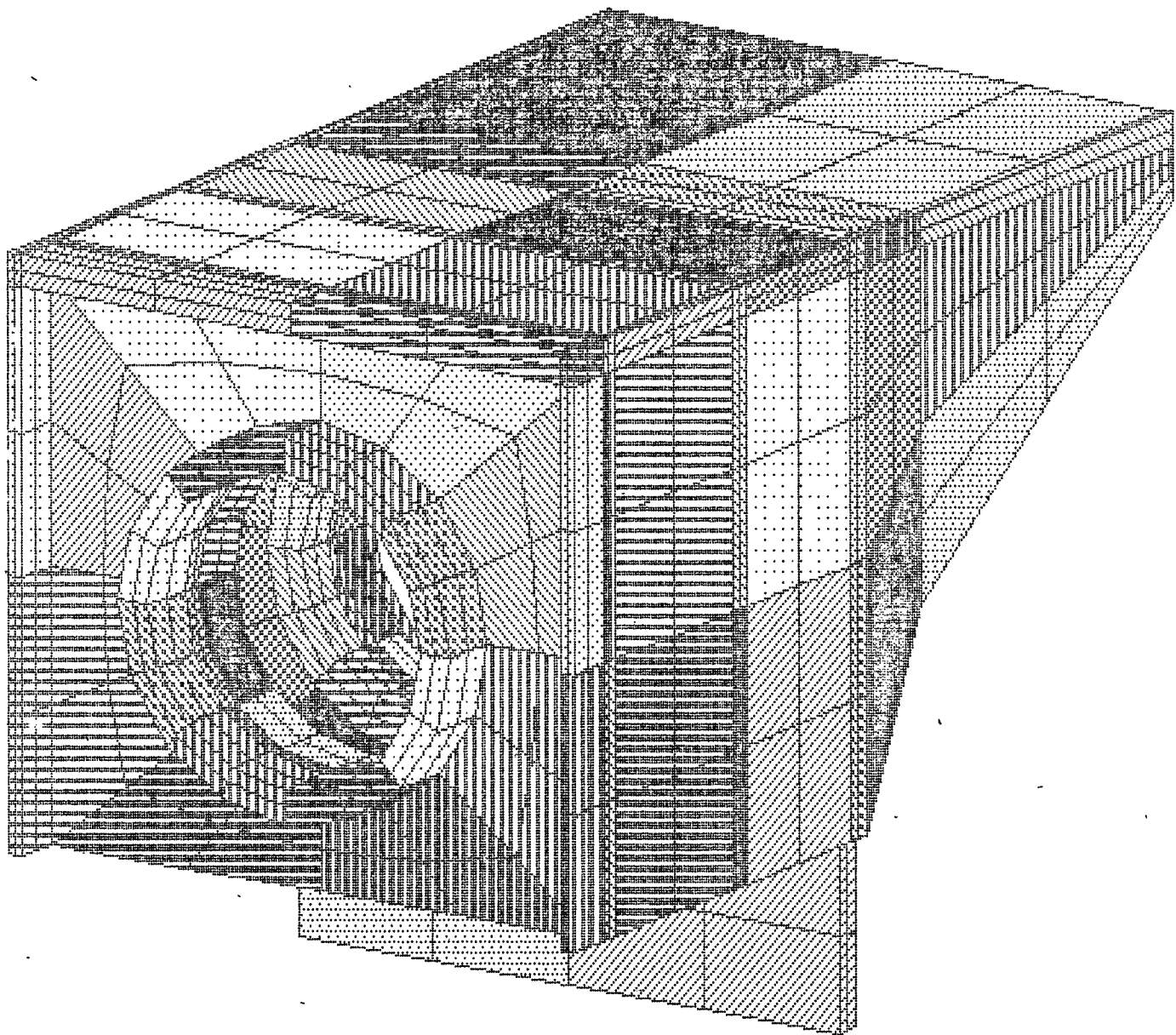
Powierzchnie.

33

TITLE

ANSYS 4.3A4
OCT 26 1990
8: 1:44
PLOT NO. 4
VOLUMES

XU = -4
YU = 2
ZU = -6
DIST=226.373
YE = 26.5
ZF = 192.5
PRECISE HIDDEN



Rys. 4c
Model zespołu ZSP 52.
Bryły.

TITLE

4c

4c

ANSYS 4.3A4

OCT 26 1990

8: 5:57

PLOT NO. 5

ELEMENTS

XU =-4

YU =2

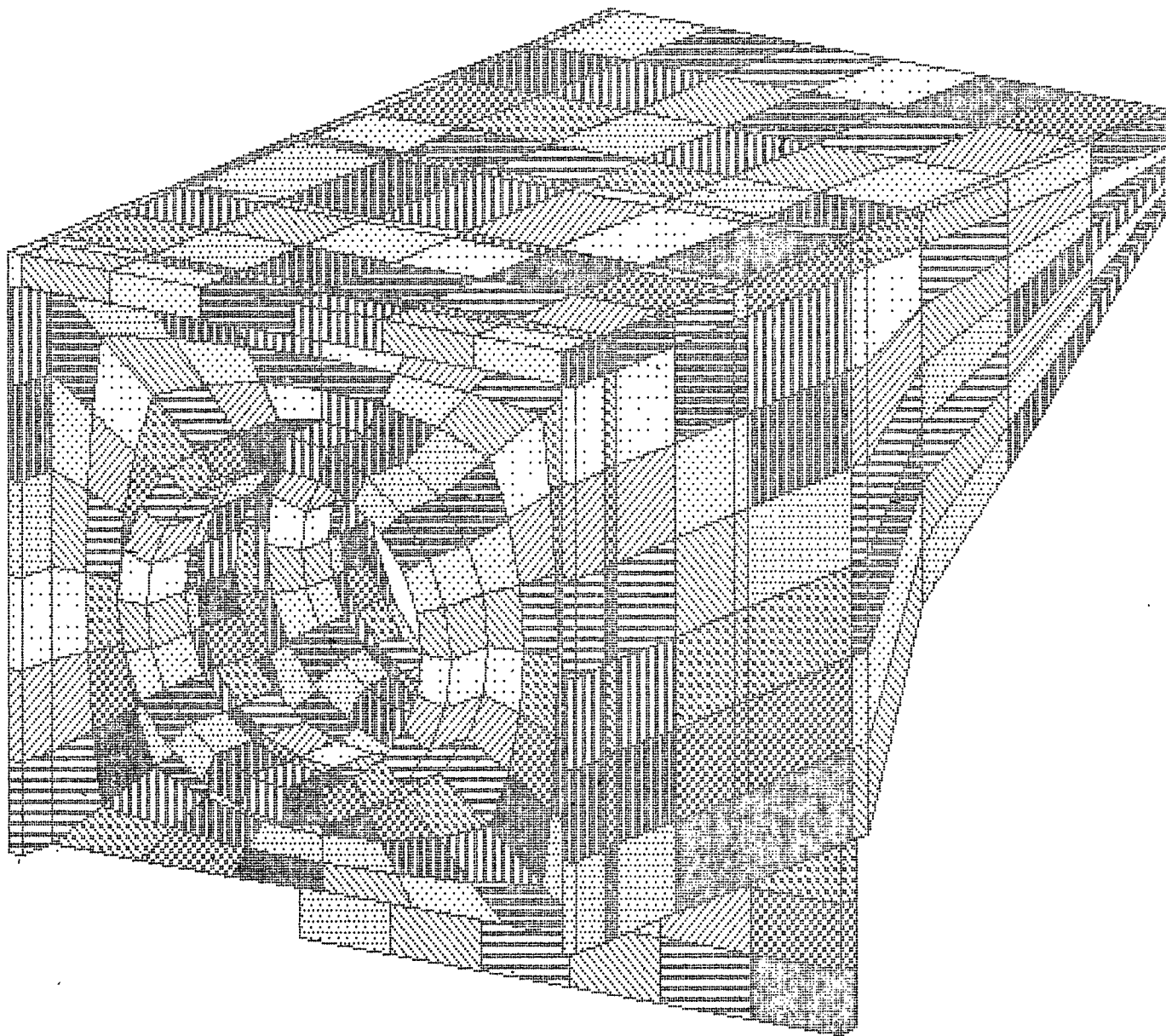
ZU =-6

DIST=226.373

VF =-26.5

ZF =192.5

PRECISE HIDDEN



Rys. 4d

Model zespołu ZSP 52.

Elementy.

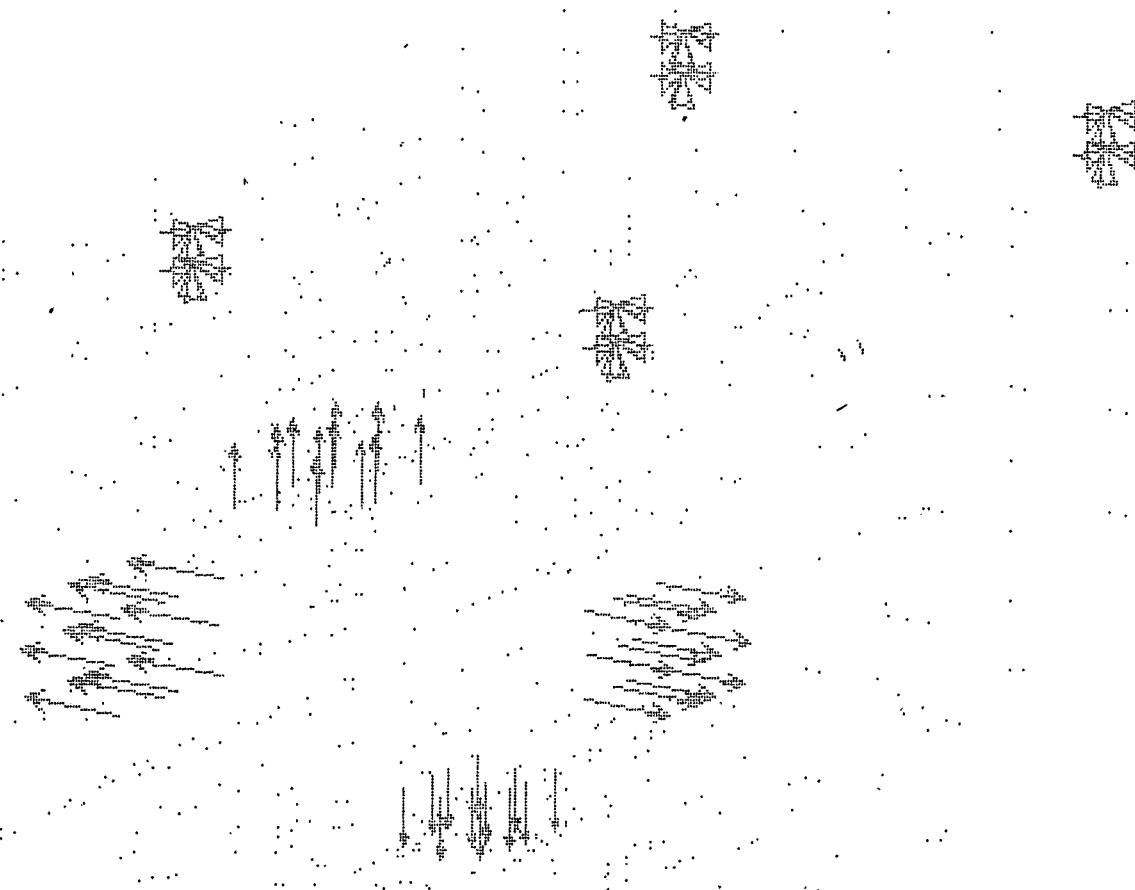
TITLE

35

4d

ANSYS 4.3A4
OCT 26 1990
8: 7:30
PLOT NO. 6
NODES

XU =-4
YU =2
ZU =-6
DIST=226.373
VF =-26.5
ZF =192.5
PRECISE HIDDEN



Rys. 4e
Model zespołu ZSP 52
Warunki brzegowe

TITLE

36

```

ANSYS 4.304
OCT 19 1998
18:25:22
STRESS
STEP=1
ITER=1
SICE (AVG)
IMX =0.888952
IMN =0.888954
OMX =153.655

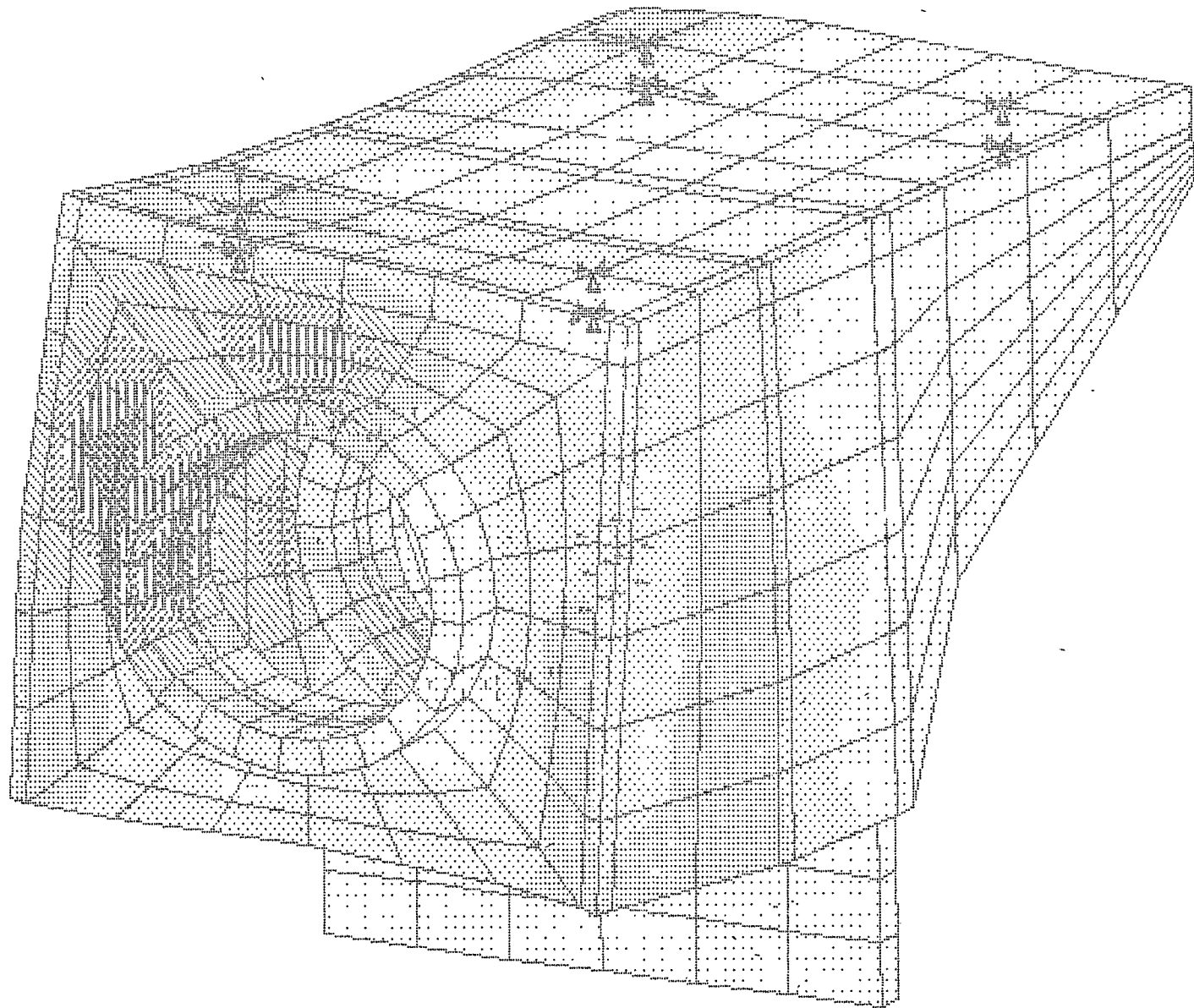
```

```

XU =4
YU =2
ZU =8
DTGT =229.119
VF =727.5
ZF =169
PRECISE HIDDEN

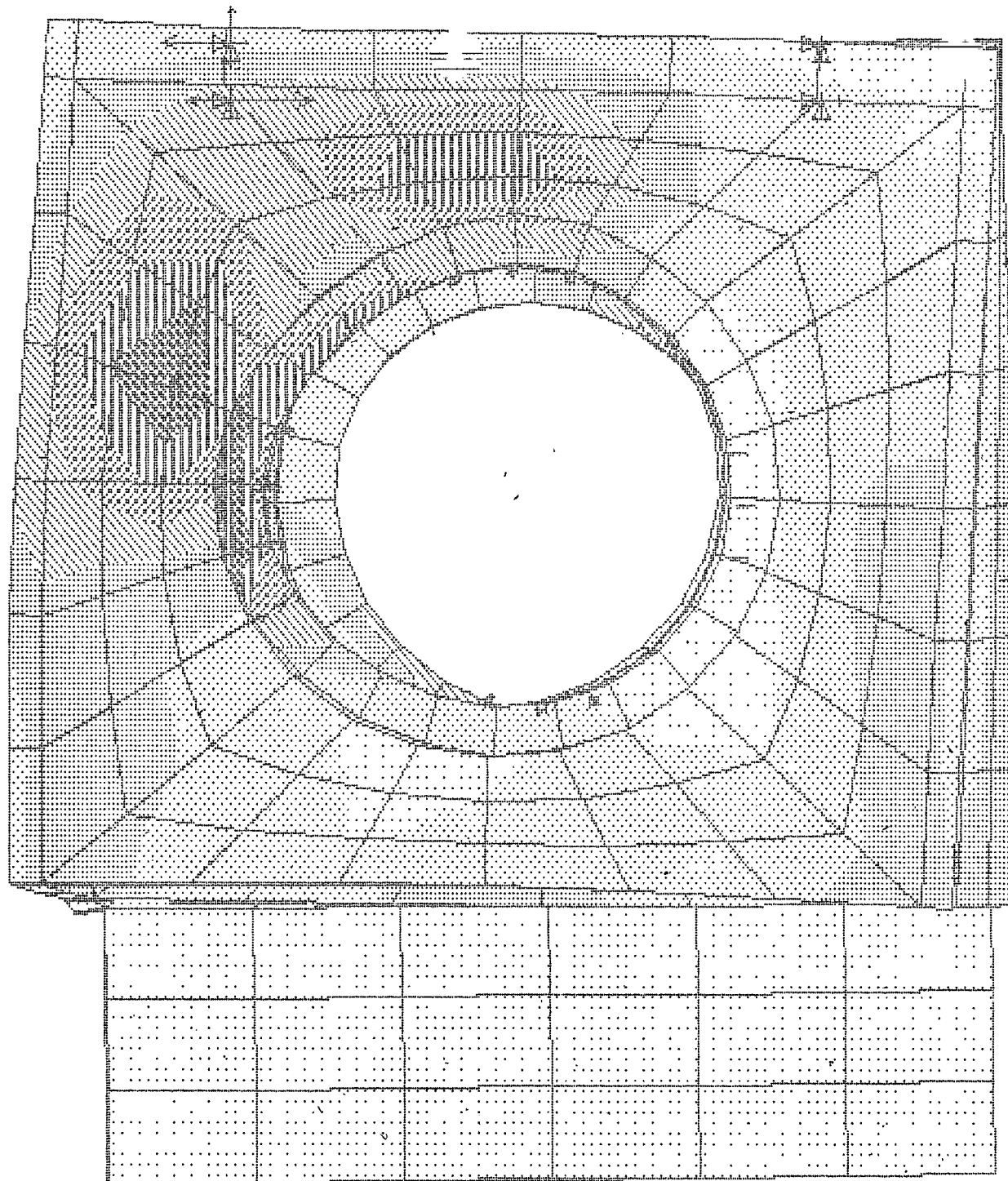
```

[Pattern]	17.883
[Pattern]	24.837
[Pattern]	51.811
[Pattern]	68.785
[Pattern]	85.759
[Pattern]	102.733
[Pattern]	119.707
[Pattern]	136.681
[Pattern]	153.655



Rys. 5a
Wyniki obliczeń zespołu ZSP
52 przed modyfikacją.
Widok.

34



```

ANSYS 4.304
OCT 19 1998
10:17:36
STRESS
STEP=1
ITER=1
SIZE (AVG)
DMX = 153.6555
SMN = 17.8553
SMX = 153.6555

```

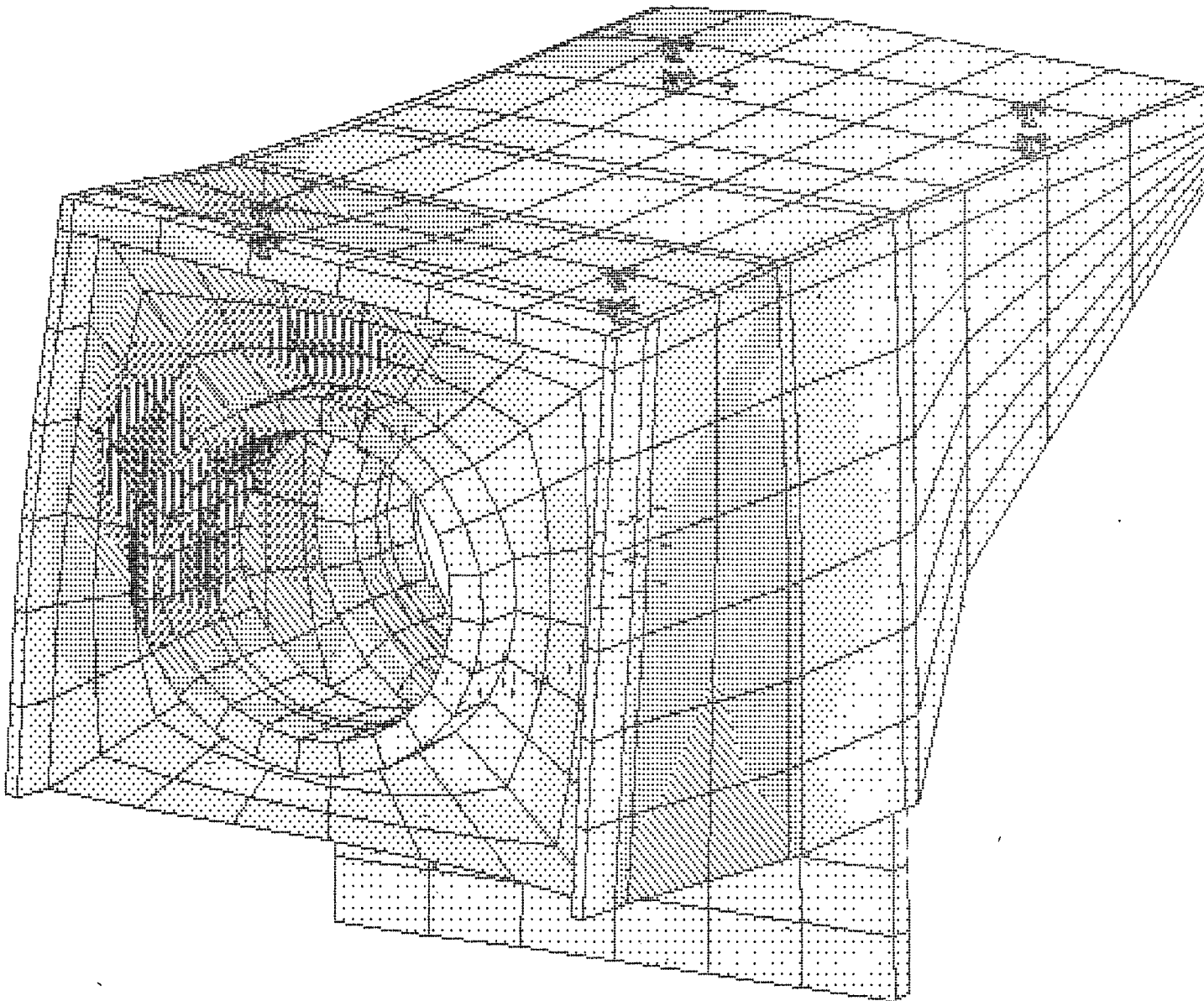
```

ZU = 1
DIST = 150.5
VF = -27.55
ZF = -169
PRECISE HIDDEN
17.8553
34.7106
51.4659
68.2212
84.9765
101.7318
118.4871
135.2424
152.0000
168.7553
185.5106
202.2659
219.0212
235.7765
252.5318
269.2871
286.0424
302.7977
319.5530
336.3083
353.0636
369.8189
386.5742
403.3295
420.0848
436.8401
453.5954

```

Rys. 5b
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 przed modyfikacją.
 Widok z przodu.

88



ANSYS 4.304
 OCT 23 1998
 8:42:11
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AVG)
 DMX = 8.299393
 SMN = 1.293
 SMX = 156.488

XU = 4
 YU = 2
 ZU = 6
 DIST = 226.373
 YF = 126
 ZF = 192
 PRECISION = HIDDEN

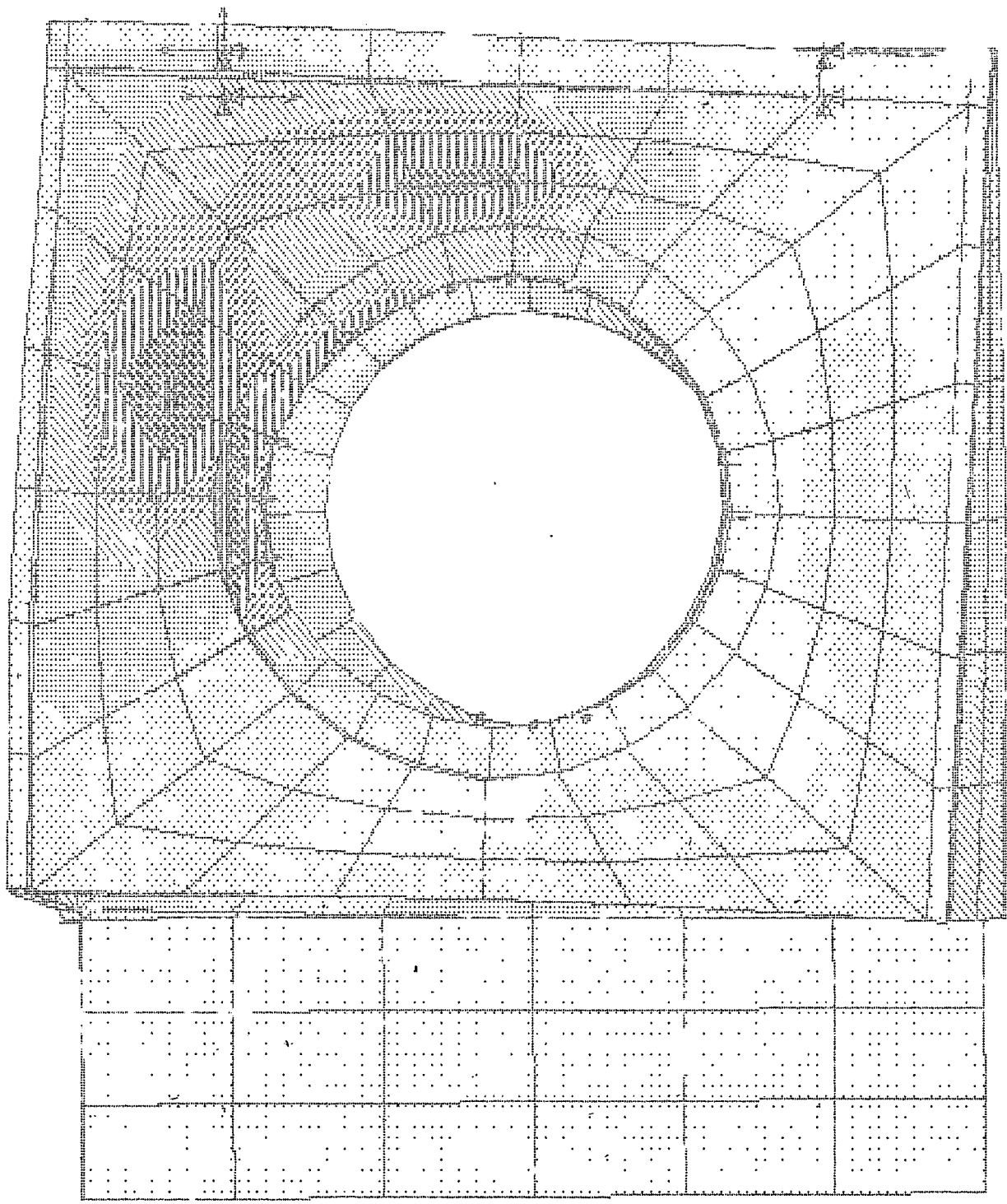
[Pattern]	140.7588
[Pattern]	130.9388
[Pattern]	120.1173
[Pattern]	104.7583
[Pattern]	87.4688
[Pattern]	76.2338
[Pattern]	65.0088
[Pattern]	53.7688
[Pattern]	42.5288
[Pattern]	31.2888
[Pattern]	20.0488
[Pattern]	8.8088

Rys. 6a

Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji.

Widok.

25

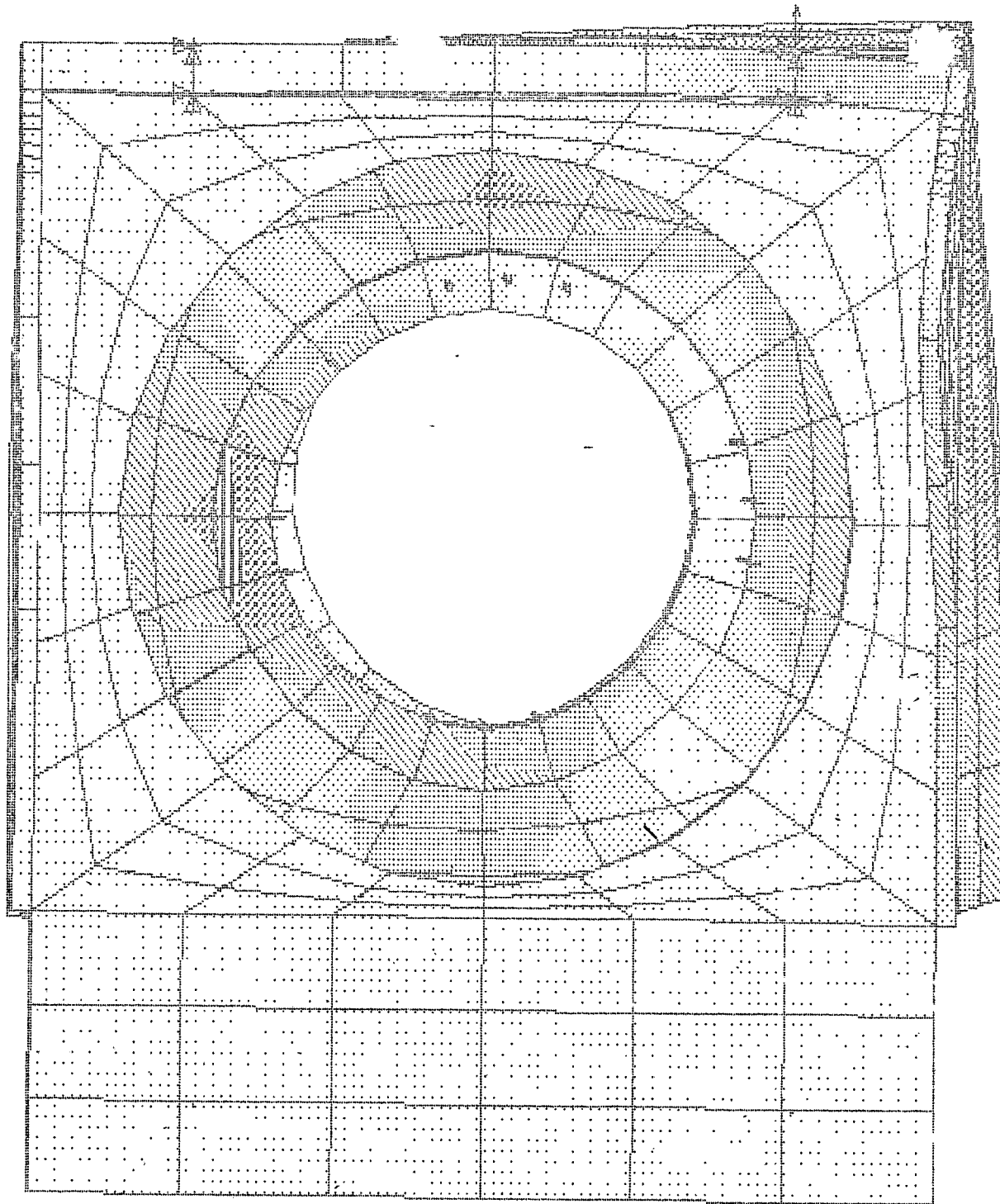


DROGOS 4 1024
 OCT 23 1998
 8:28:20
 STEP=1
 ITER=1
 SLICE (AUG)
 MAX = 0.299393
 MIN = -1.299393
 MAX = 105.488

NU = 1
 DIST = 107.85
 ME = 100.55
 NE = 100.55
 PREC = 100.55
 [diagonal lines] 100.55
 [horizontal lines] 100.55
 [vertical lines] 100.55
 [cross-hatch] 100.55
 [dots] 100.55
 [stippled] 100.55
 [solid] 100.55

Rys. 6b
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji.
 Widok z przodu.

04



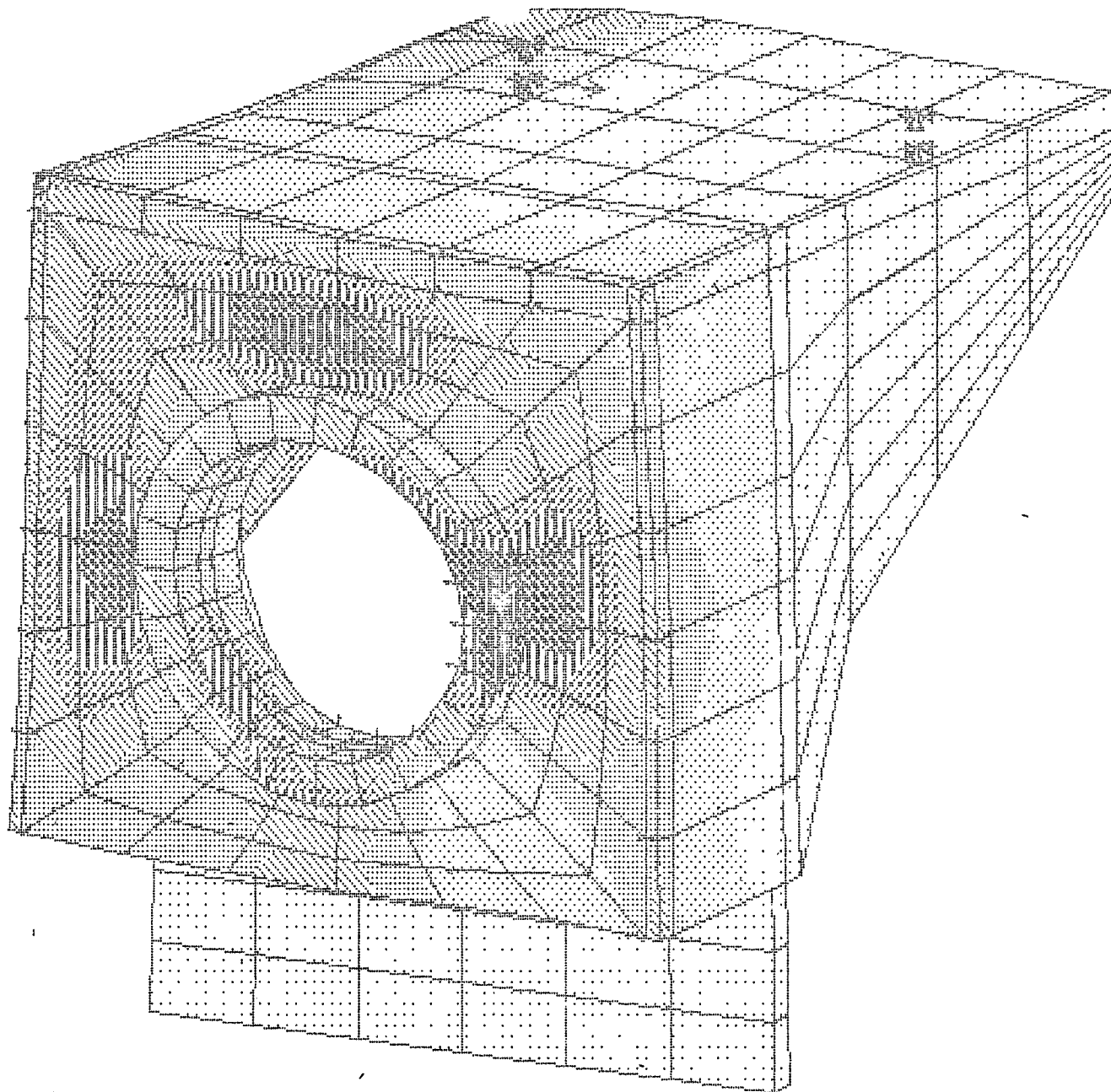
ANSYS 4.364
 OCT 23 1998
 8:23:1
 S:1
 STEP=1
 ITEX=1
 SICE (AVG)
 DMX = 0.399393
 SMN = 1.293
 SMX = 156.468

ZU = 1
 DIST = 157.585
 KF = 20.585
 ZF = 100.5
 PRECISE HIDDEN

[Pattern]	10.585
[Pattern]	20.585
[Pattern]	30.585
[Pattern]	40.585
[Pattern]	50.585
[Pattern]	60.585
[Pattern]	70.585
[Pattern]	80.585
[Pattern]	90.585
[Pattern]	100.585
[Pattern]	110.585
[Pattern]	120.585
[Pattern]	130.585
[Pattern]	140.585
[Pattern]	150.585
[Pattern]	156.468

114

Rys. 6c
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji.
 Widok z tyłu.



```

RMS VS 7.326
OCT 24 1998
10:11:19
STRESS
STEP=1
ITER=1
SIGE (AVG)
DMX =8.198875
SMN =1.593
SMX =116.217

```

```

XU = -4
YU = 12
ZU = 10
DIST = 287.394
VF = 126.579
ZF = 237.5
PRECISE HIDDEN
13.396
25.496
37.581
49.764
61.948
73.980
86.912
98.115
116.217

```

54

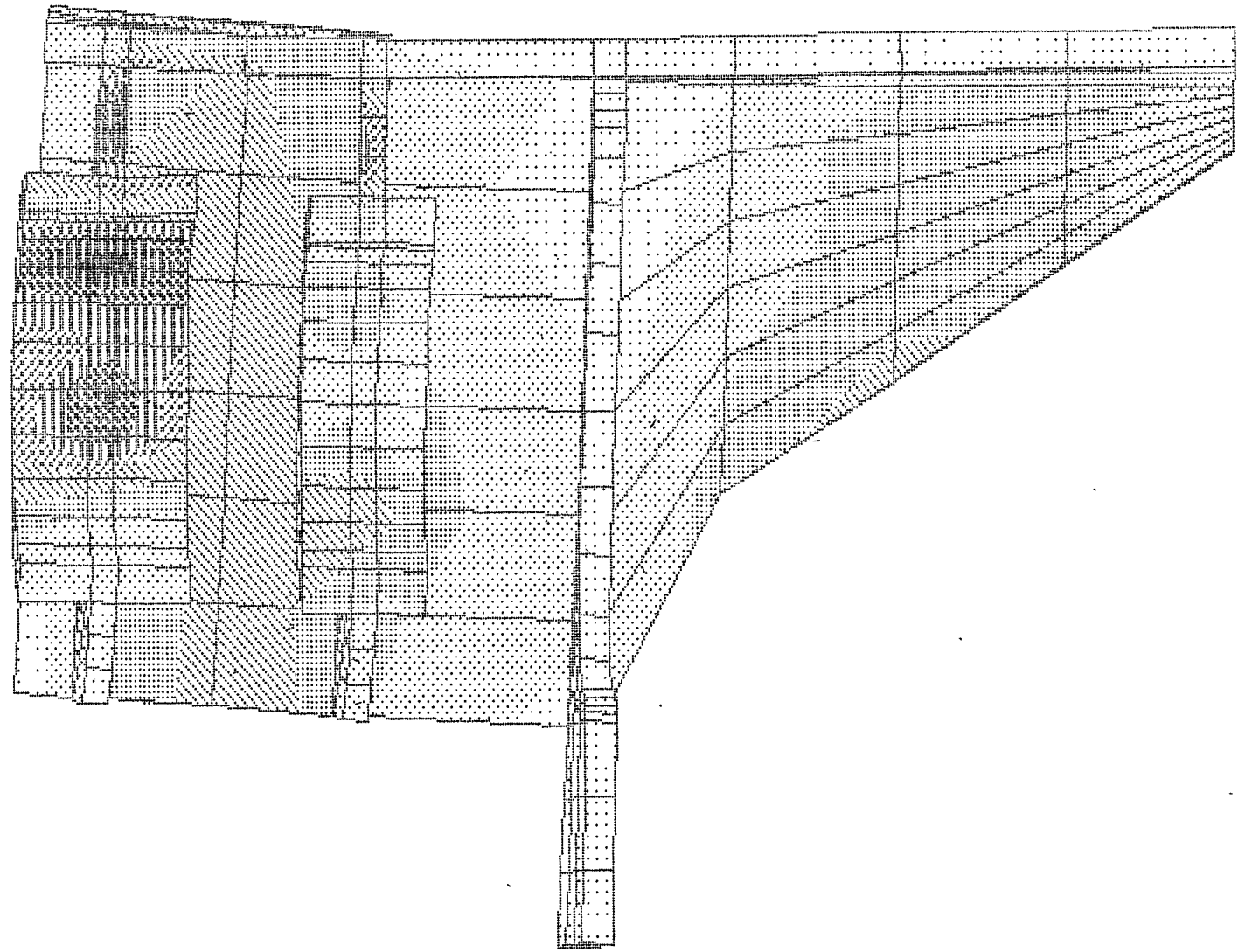
TITLE

Rys. 6d
Wyniki obliczeń zespołu ZSP
52 po modyfikacji.
Widok na środkową płytę
(przekrój)

ANSYS 4.204
 OCT 24 1998
 16: 3:55
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AVG)
 DMX = 6.299393
 SMN = 1.89
 SMX = 164.56

XU = 1
 DIST = 211.75
 XP = 159.5
 YP = 126.5
 ZP = 192.5
 PRECISE HIDDEN

[Pattern]	19.964
[Pattern]	38.939
[Pattern]	56.413
[Pattern]	74.188
[Pattern]	92.262
[Pattern]	110.337
[Pattern]	128.411
[Pattern]	146.486
[Pattern]	164.56



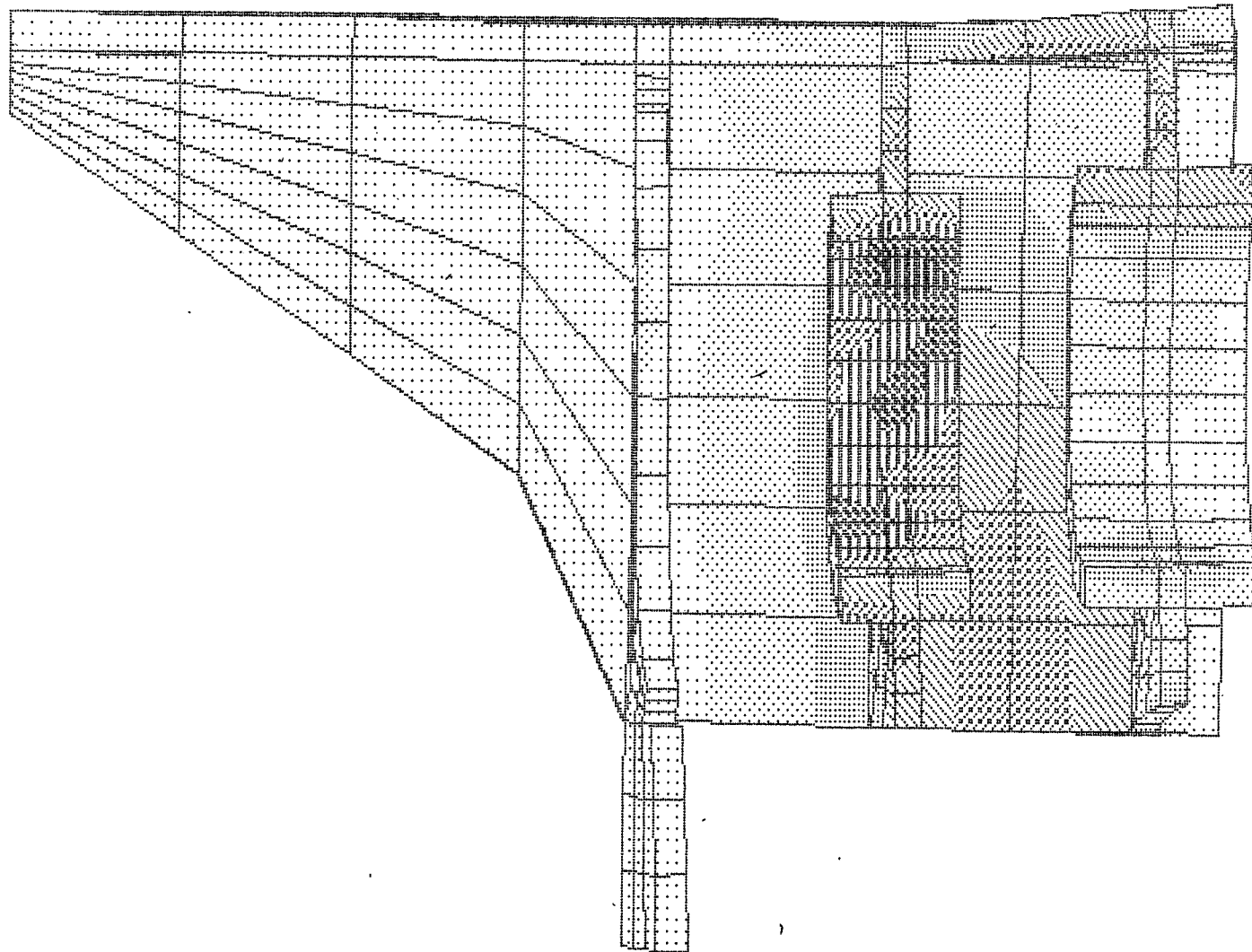
Rys. 6e
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji.
 Widok z boku (przekrój).

13

TITLE

ANSYS 4.344
 OCT 24 1998
 S:J55:JH
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AVG)
 DMX =0.23721
 SMN =1.293
 SMX =110.217

XU =1
 DIST=241.75
 XP =100.5
 YP =100.5
 ZP =100.5
 PRECISION=HIDDEN
 13.396
 25.498
 37.601
 49.704
 61.806
 73.909
 85.912
 98.115
 110.217



Rys. 6f
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji.
 Widok z boku (przekrój).

44

TITLE

```

RMSKS 4.384
OCT 83 1998
18:21:30
STRESS
STEP=1
ITER=8
SIGE (AVG)
DMX =8.159682
SMN =8.467278
GMX =154.833

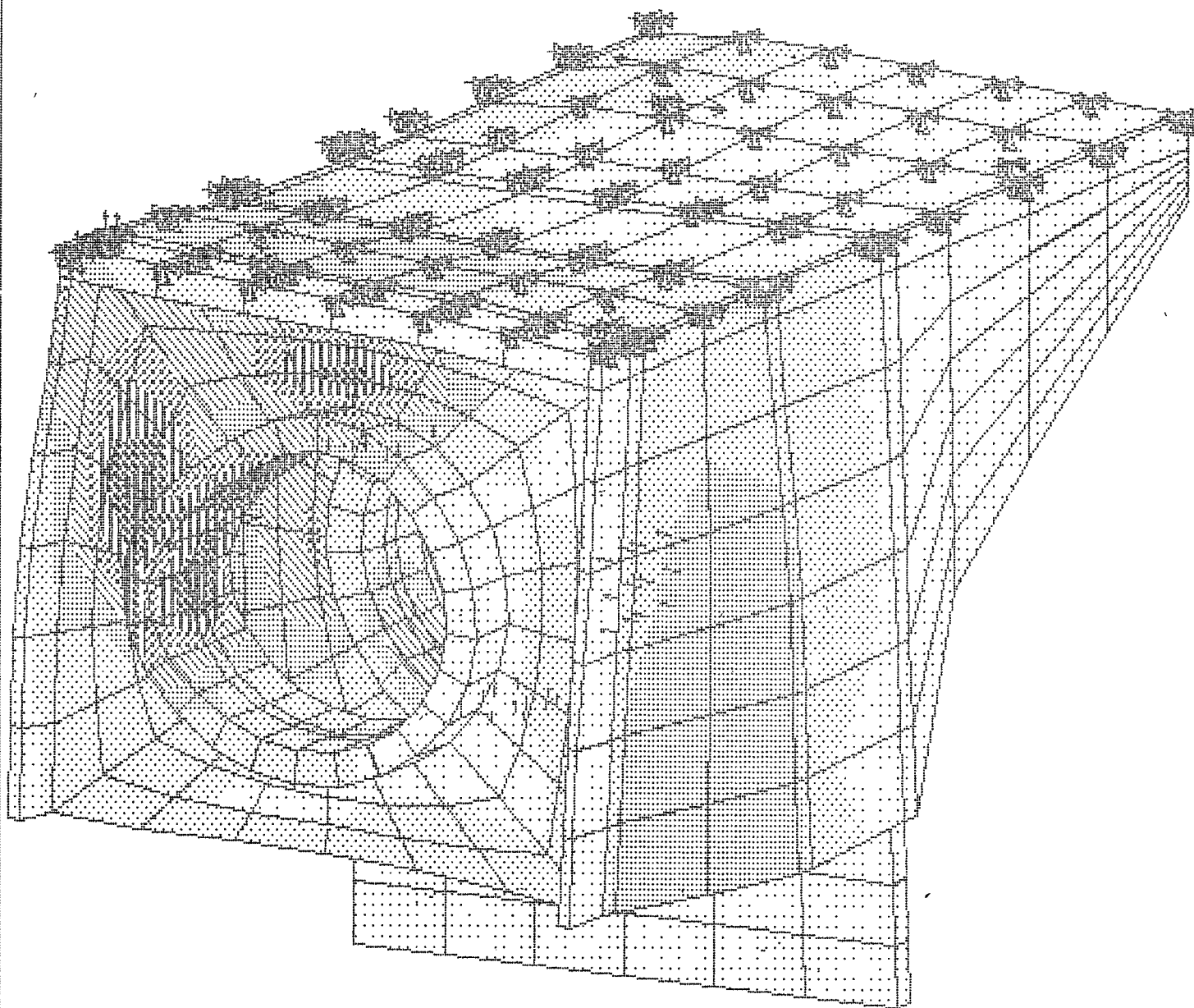
```

```

XU =-4
YU =2
ZU =-6
DIST=226.373
VF =-26.495
ZF =192.5
PRECISE HIDDEN

```

[Pattern]	17.619
[Pattern]	34.771
[Pattern]	51.923
[Pattern]	69.074
[Pattern]	86.226
[Pattern]	103.378
[Pattern]	120.53
[Pattern]	137.682
[Pattern]	154.833

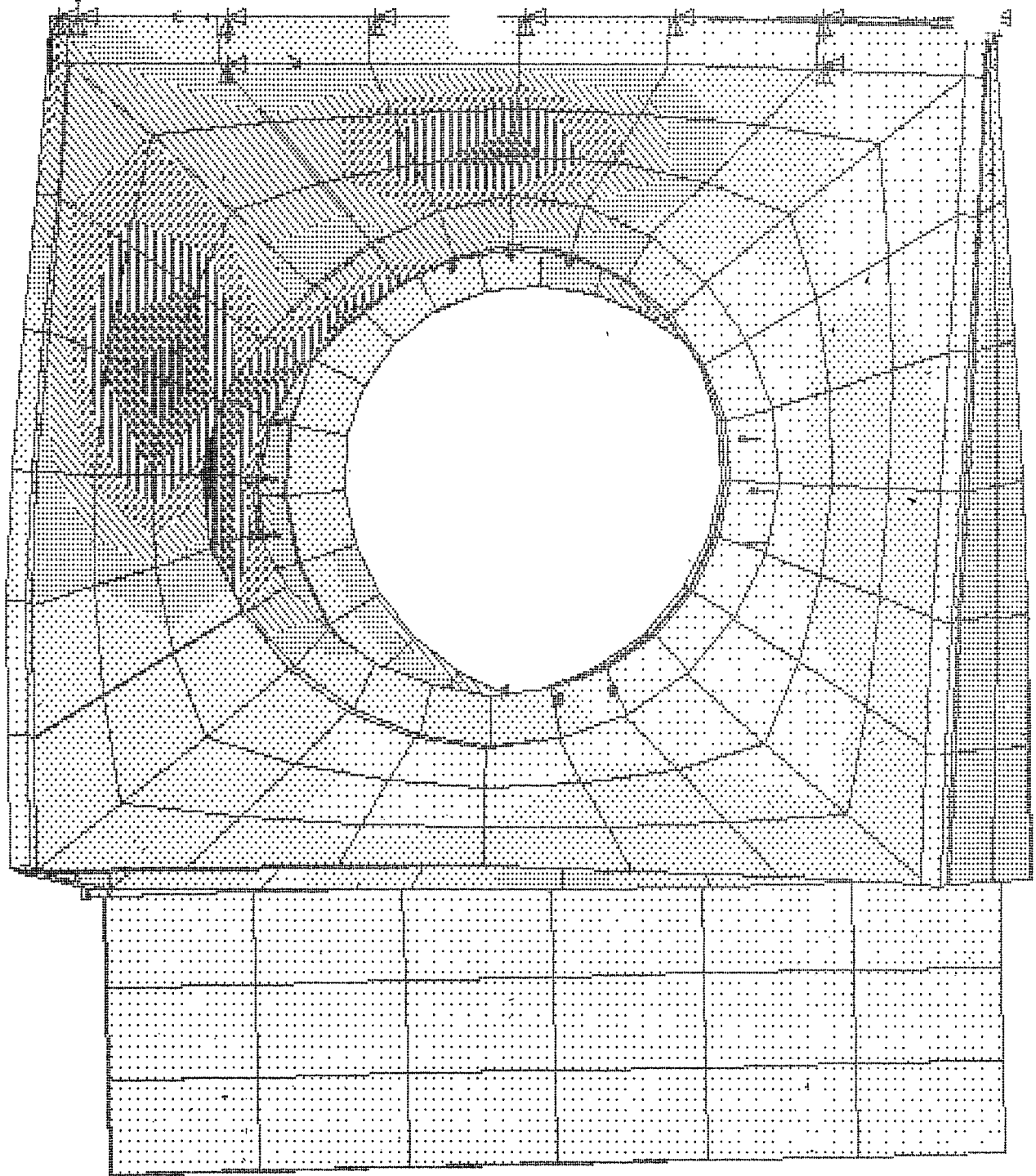


Rys. 7a

Wyniki obliczeń zespołu ZSI
52 po modyfikacji i
mocowaniu z góry.

Widok.

415

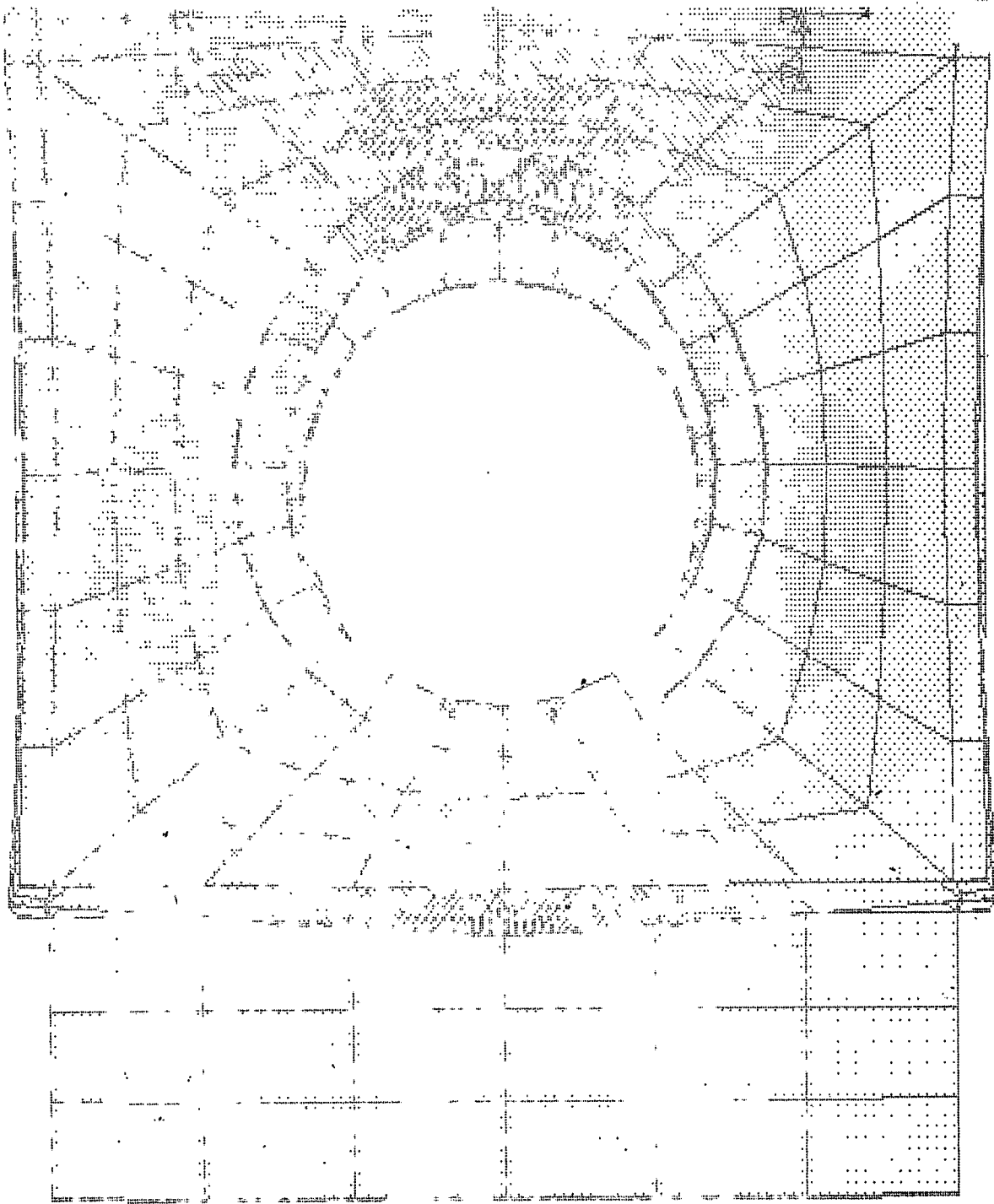


ANSYS 4.3A4
 OCT 23 1998
 10:14:30
 STRESS
 STEP=1
 ITER=8
 SIGE (AVG)
 DMX =0.159682
 SMN =0.467278
 SMX =154.833

ZU =-1
 DIST=157.856
 VP =-26.495
 ZF =192.5
 PRECISE HIDDEN
 17.619
 34.771
 51.923
 69.074
 86.226
 103.378
 120.53
 137.682
 154.833

217

Rys. 7b
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji i
 mocowaniu z góry.
 Widok z przodu.



```

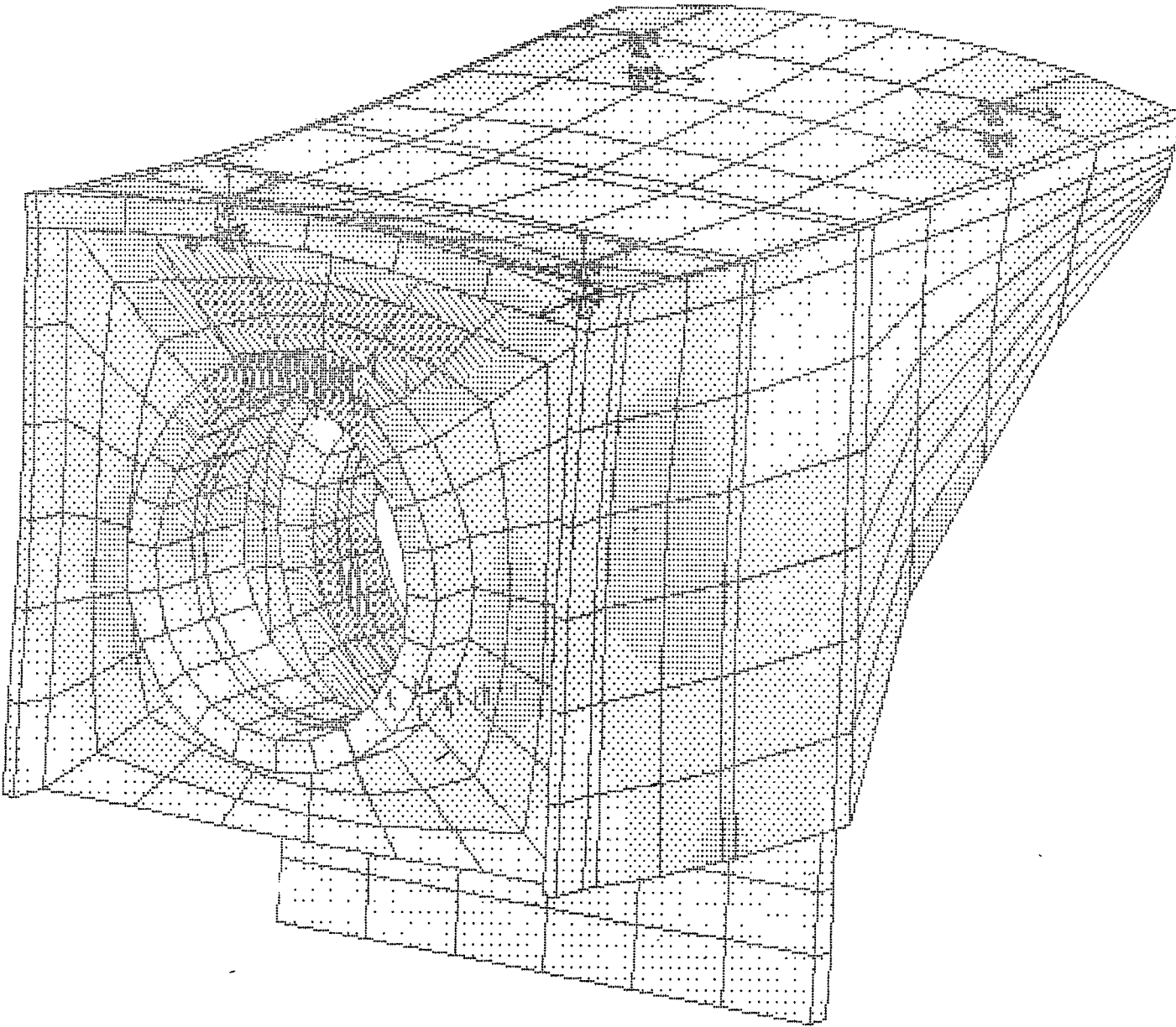
STRESS
STEP=1
ITER=1
SIGE (AUG)
SMX = 0.212189
SMN = 0.581232
SMX = 255.85

ZU = 1
DIST = 159.5
VF = 127.5
ZF = 169
PRECISE HIDDEN
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000
[ ] 0.000000

```

Rys. 8b
Wyniki obliczeń zespołu ZS+
52 przed modyfikacj
(przypadek obciążeń II).
Widok z przodu.

1/2



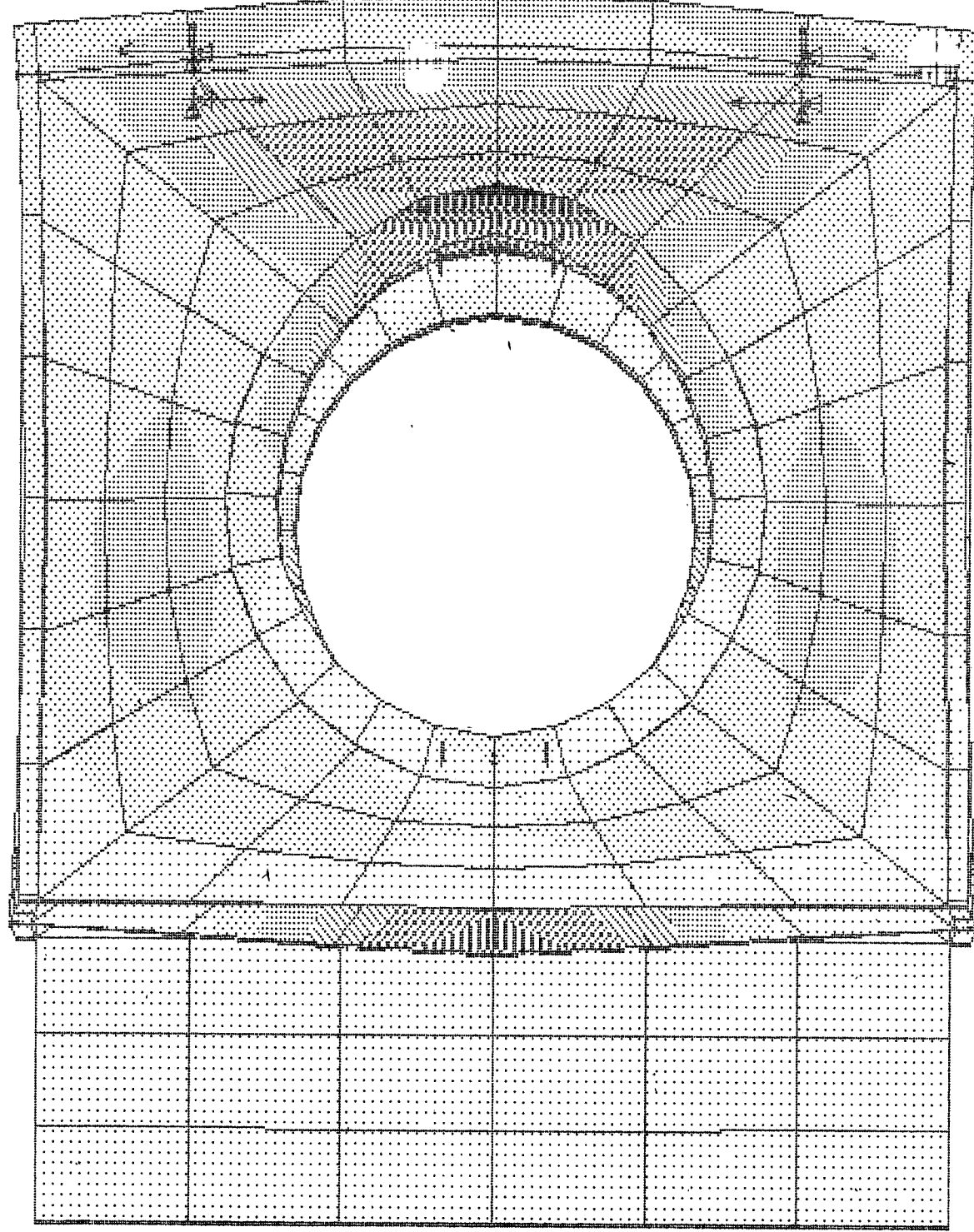
ANSYS 4.304
 OCT 19 1999
 10:37: 1
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SICE (AUG)
 DMX = 0.256911
 SMN = 0.302107
 SMX = 256.931

XU = -4
 VU = 2
 ZU = 6
 DIST = 226.373
 YF = 26.5
 ZF = 192.5
 PRECISE HIDDEN

[Pattern]	28.816
[Pattern]	57.231
[Pattern]	85.845
[Pattern]	114.359
[Pattern]	142.874
[Pattern]	171.388
[Pattern]	199.902
[Pattern]	228.416
[Pattern]	256.931

Rys. 9a
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji
 (przypadek obciążeń II).
 Widok.

6H



ANSYS 4.3A4
 OCT 19 1990
 10:45:20
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SIGE (AUG)
 DMX =0.258911
 SMN =0.302107
 SMX =256.931

ZU =-1
 DIST=157.85
 YF =-26.5
 ZF =192.5
 PRECISE HIDDEN
 28.816
 57.331
 85.845
 114.359
 142.874
 171.388
 199.902
 228.416
 256.931

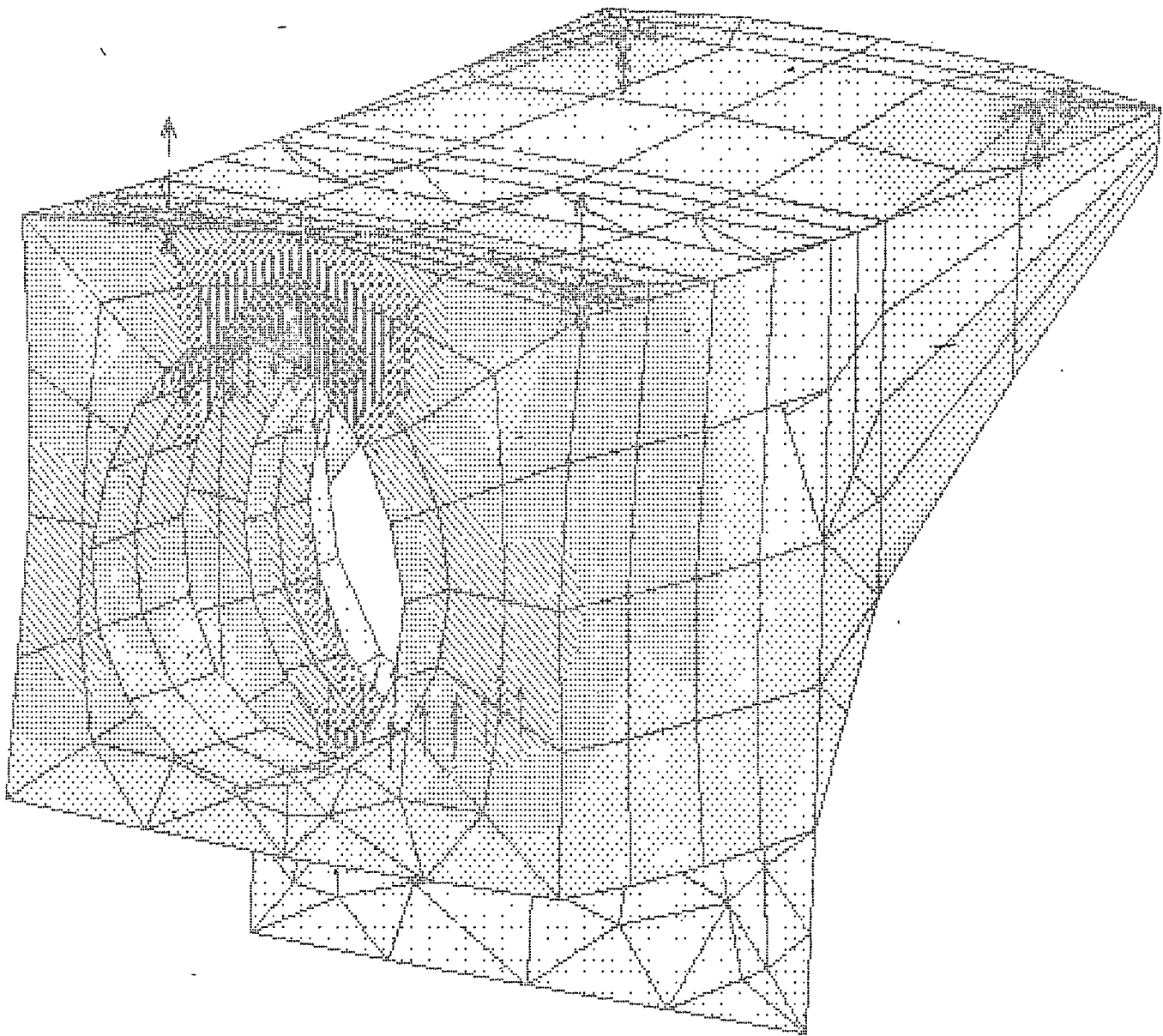
Rys. 9b
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji
 (przypadek obciążeń II).
 Widok z przodu.

50

ANSYS 4.344
 OCT 23 1998
 9.41:48
 STRESS
 STEP=1
 ITER=1
 SICE (AVG)
 TOP
 DMX = 0.250299
 SMN = 0.46983
 SMX = 216.253

XU = 4
 YU = 2
 ZU = 6
 DIST = 221.797
 VF = 32.5
 ZF = 165
 PRECISE 4 HIDDEN

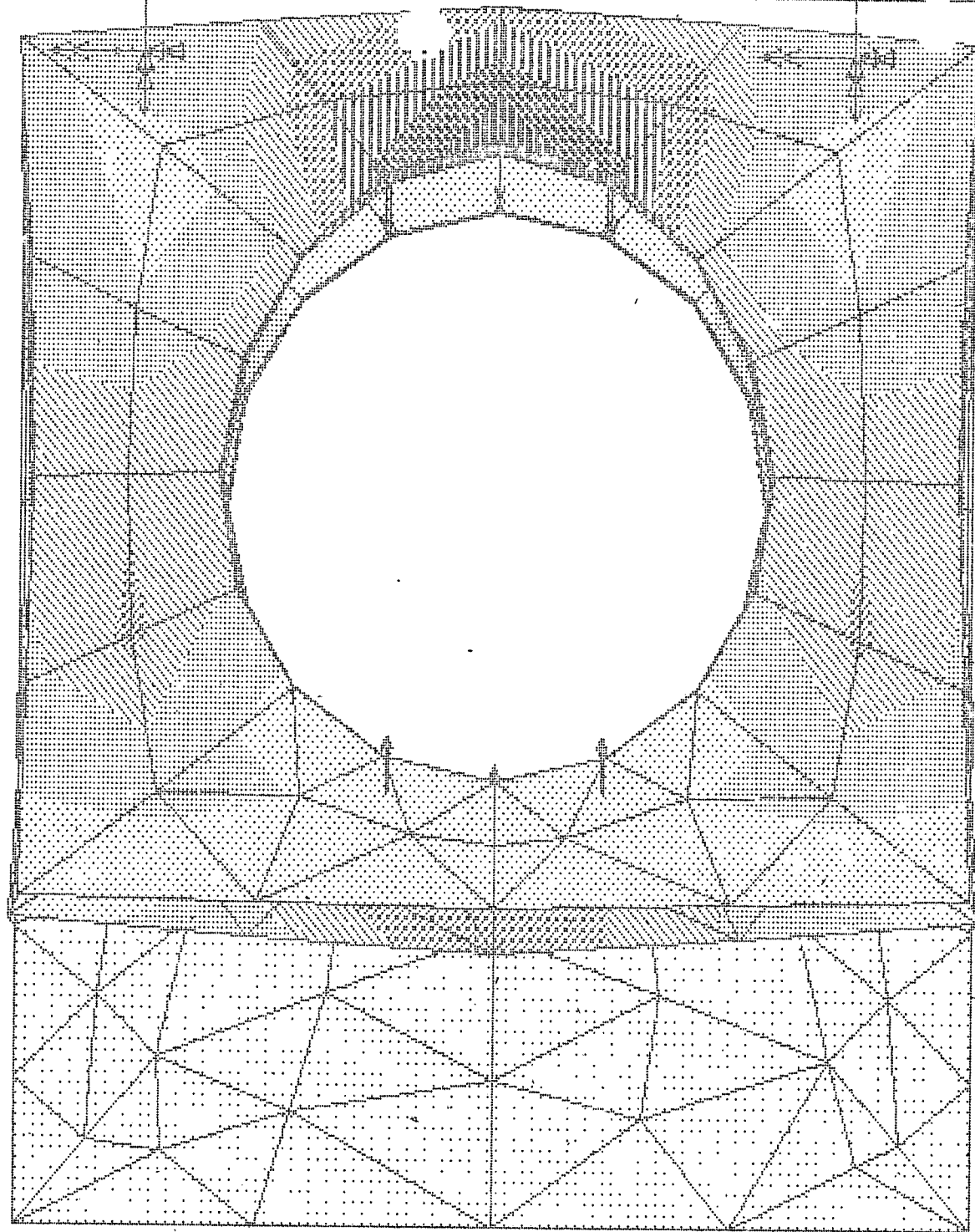
[Pattern]	24.447
[Pattern]	48.894
[Pattern]	73.341
[Pattern]	97.788
[Pattern]	122.235
[Pattern]	146.682
[Pattern]	171.129
[Pattern]	195.576
[Pattern]	216.253



Rys. 10a
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji (przyp.
 obciążeń II i STIF 63).
 Widok.

57

TITLE



```

ANSYS 4.304
OCT 23 1988
9.53:13
STRESS
STEP=1
ITER=1
SICE (AVG)
TOP
MIN = 0.250000
MAX = 0.469000
SMX = 0.250000
SMN = 0.469000
ZU = 1
DIST = 10.25
WF = 0.505
ZF = 100
PRECISE HIDDEN
[ ] 84.447
[ ] 88.424
[ ] 72.481
[ ] 96.070
[ ] 120.000
[ ] 144.000
[ ] 168.000
[ ] 192.000
[ ] 216.000

```

Rys. 10b
 Wyniki obliczeń zespołu ZSP
 52 po modyfikacji (przyp.
 obciążeń II i STIF 63).
 Widok z przodu.

52

TITLE