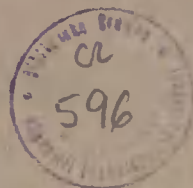


AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 118

BUDOWNICTWO 21



BYDGOSZCZ — 1986

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY



ZESZYTY NAUKOWE NR 118

BUDOWNICTWO 21

BYDGOSZCZ — 1986

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
doc. dr hab. Juliusz Skonieczny

REDAKTOR NAUKOWY
dr inż. Jan Lorkowski

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Anna Zawadzka, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6379

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY

Wyd. I. Nakład 100 + 50 egz. Ark. wyd. 5,85. Ark. druk. 5,25. Papier druk. kl. V.
Oddano do druku w maju 1986 r. Druk ukończono w czerwcu 1986 r.
MNiSzW Cena zł 85,—
Prasowe Zakłady Graficzne RSW „Prasa-Książka-Ruch” w Bydgoszczy,
ul. Dworcowa 13.
Zam. nr 1831/86 TR M-2.

Nr ilw. P 1830/86

S p i s t r e ś c i

	str.
1. Jan Górski, Edmund Lubieniecki - Analiza pracy statycznej płaskoprzestrzennej ramy	5
2. Andrzej Dylla - Błędy projektowe w złączach i stykach przegród zewnętrznych	19
3. Andrzej Dylla - Program komputerowy obliczenia rozkładu temperatur w złączu przegród budowlanych	27
4. Andrzej Dylla, Bogusław Stosik - Analiza termiczna ścian szczytowych oraz złączy wybranych budynków osiedla Błonie w Bydgoszczy	37
5. Julita Rojek, Barbara Zajac - Struktura produkcji kruszyw naturalnych	49
6. Maciej Kordian Kumor, Eugeniusz Wojciechowski -Właściwości geotechniczne strefy przypowierzchniowej iłów pliczeńskich w Bydgoszczy	59
7. Janusz Kwiecień - Uwagi do elektronicznego centrowania wiązki laserowej w aspekcie zakłóceń występujących w rezonatorze	67
8. Jan Kempa - Prędkości samochodów na jezdniach mokrych i suchych	76

Jan Górski
Edmund Lubieniecki

ANALIZA PRACY STATYCZNEJ PŁASKOPRZESTRZENNEJ RAMY

W artykule poddano analizie statycznej dwa typy podłużnych dźwigarów skrzynkowych stanowiących w płaszczyźnie poziomej ramę płaskoprzestrzenną. We wnioskach końcowych porównano ją metodą dokładną obliczeń z przybliżoną, opierającą się na założeniu schematu belki swobodnie podpartej.

1. WSTĘP

Analizie obliczeniowej poddano most suwnicowy o skrzynkowym przekroju belek podłużnych i czołownic stanowiących w płaszczyźnie poziomej ramę płaskoprzestrzenną /rys. 1/.

Rozpatrzono dwa typy dźwigarów skrzynkowych według wariantu ustawienia szyny w osi symetrii dźwigara /typ A/ i nad ścianką środkową /typ B/. We wnioskach końcowych porównano je metodą dokładną obliczeń z metodą przybliżoną, opierającą się na założeniu schematu belki swobodnie podpartej.

2. METODA OBLICZENIOWA

Obliczenia przeprowadzono metodą dokładną, rozpatrując układ jako czterokrotnie statycznie niewyznaczalny rozwiązany metodą sił. Wartości statyczne sił wewnętrznych wyznaczono posługując się liniami wpływowymi wg schematów obciążeń podanych na rys.

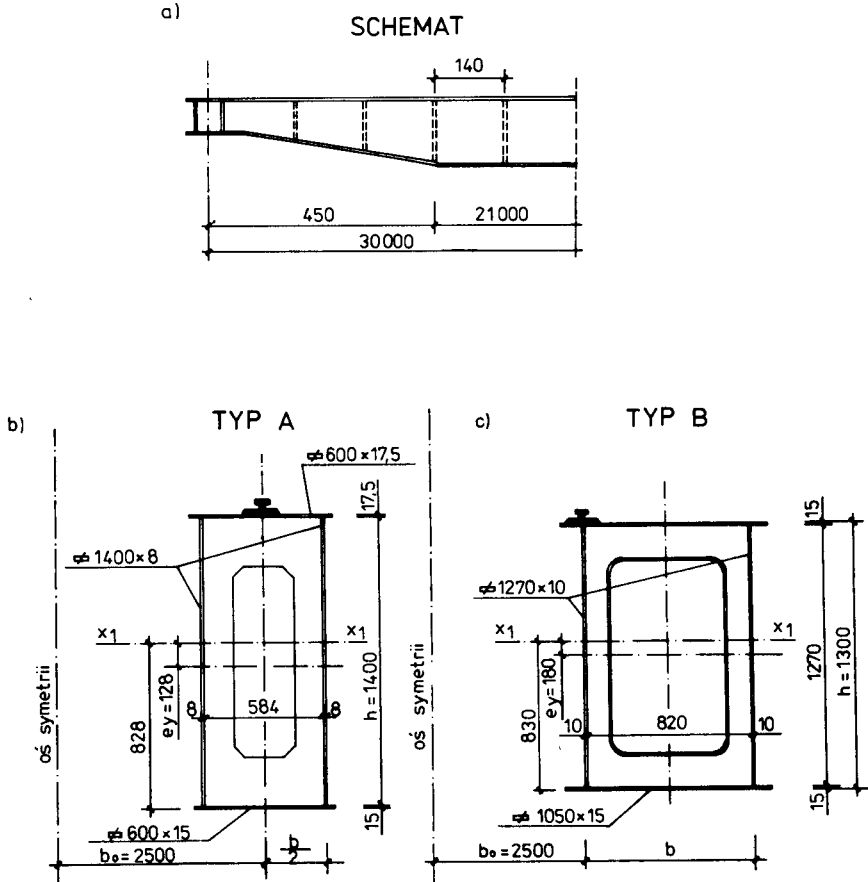
2.1. Linie wpływowe momentów węzłowych

Jako schemat zastępczy przyjęto układ czteroprzegubowy, w którym momenty nadliczbowe przyłożone w pkt. B i D wywołują w belkach głównych skręcanie, a momenty nadliczbowe w pkt. A i C zginanie. Dla przyjętego schematu zastępczego /rys. 2c/ wielkości przemieszczeń można przedstawić w następującej postaci [1]:

$$\begin{aligned} \delta_{11} = \delta_{33} &= \frac{2k}{3EJ_x} + \frac{L}{GJ_s} ; & \delta_{22} = \delta_{44} &= \frac{2L}{3EJ_x} + \frac{k}{GJ_s} \\ \delta_{31} = \delta_{13} &= \frac{k}{3EJ_x} ; & \delta_{24} = \delta_{42} &= \frac{L}{3EJ_x} \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

- EJ_x - sztywność belki głównej względem poziomej osi x
 EJ_x - sztywność czołownicy
 GJ_s - sztywność na skręcanie belki głównej
 GJ_s - sztywność na skręcanie czołownicy
 L - długość belki głównej
 k - rozstaw belek głównych



Rys. 1. Przekroje poprzeczne podłużnic typu A i B

Moment bezwładności na skręcanie [1]:

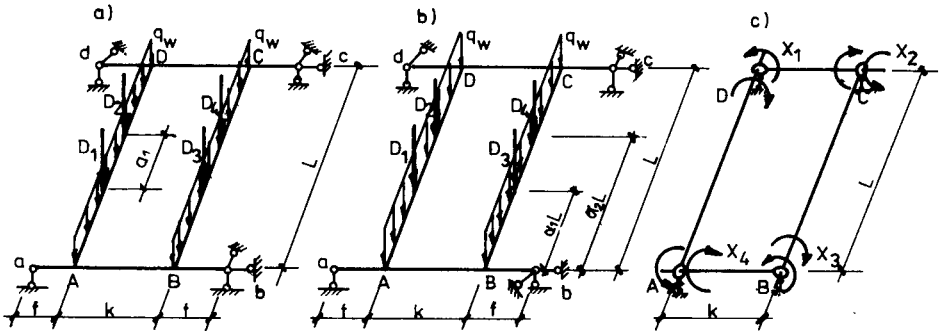
$$I_s = \frac{4 \left[\frac{H - d_G + d_D}{2} \right]^2 / G - d_s / 2}{2 \left[\frac{H - d_G + d_D}{2} \right]^2 / d_s + \frac{G - d_s}{d_G} + \frac{G - d_s}{d_D}} \quad / \text{cm}^4 / \quad (2)$$

gdzie:

H - wysokość belki w cm

G - szerokość belki w cm

d_G, d_D, d_S - grubość odpowiednio: pasa górnego, dolnego i ścian bocznych belki w cm



Rys. 2. Schemat mostu dwubelkowego

a/ Schemat zasadniczy typu A

b/ Schemat zasadniczy typu B

c/ Schemat zastępczy metody sił dla obciążeń pionowych

Wykresy momentów skręcających nie całkowują się z wykresami momentów zginających, wobec czego odpowiednio przemieszczenia będą równe zero. Rozkładając obciążenie skupione P wg schematu zastępczego na symetryczne i antysymetryczne oraz wyznaczając wykresy momentów, otrzymamy:

- dla obciążenia symetrycznego

$$\Delta_{1p} = \Delta_{3p} = 0 ; \quad \Delta_{2p} = -\Delta_{4p} = \frac{PL^2}{12 EJ_x} / \alpha - 3\alpha^2 + 2\alpha^3 / \quad (3)$$

- dla obciążenia antysymetrycznego

$$\Delta_{1p} = \Delta_{3p} = 0 ; \quad \Delta_{2p} = \Delta_{4p} = \frac{PL^2}{12 EJ_x} / 3\alpha - 3\alpha^2 / \quad (4)$$

Wstawiając wartości (1), (3), (4) do układu równań kanonicznych metody sił oraz przyjmując oznaczenia

$$\beta_\alpha = \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha^2}{2} ; \quad \gamma_\alpha = \frac{\alpha}{6} - \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^3}{3} \quad (5)$$

$$k' = \frac{EJ_x}{L} \cdot \frac{k}{GJ_s} \quad - \text{współczynnik} \quad (6)$$

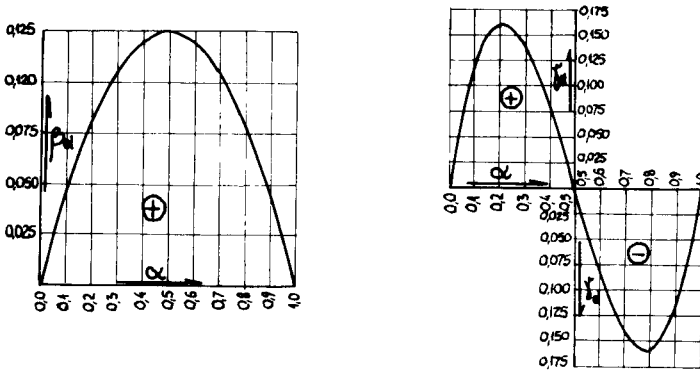
otrzymamy:

$$X_1 = X_3 = 0$$

$$X_2 = \frac{PL}{2} / \frac{\beta_\alpha}{1+k} - \frac{3\gamma_\alpha}{1+3k} // = y_2 \quad \text{dla } P = 1 \quad (7)$$

$$X_4 = \frac{PL}{2} / \frac{\beta_\alpha}{1+k} + \frac{3\gamma_\alpha}{1+3k} // = y_4 \quad \text{dla } P = 1 \quad (8)$$

Przyjmując $P = 1$, wzory (7), (8) przedstawiać będą rzędne linii wpływowych momentów węzłowych X_2 i X_4 . Ponieważ przyjęte oznaczenia β_α i γ_α (5) są funkcjami parabol i parabol sześciennych, korzystnym jest wyznaczenie ich wielkości z wykresów podanych na rys. 3.



Rys. 3. Wartości funkcji β_α , γ_α

Powierzchnie linii wpływowej:

$$y = \pm \frac{L^2}{24 / (1+k')} \quad (9)$$

Wielkości momentów węzłowych obliczonych przy pomocy linii wpływowych są następujące:

$$\begin{aligned} X_2 &= P_1 Y_2 + g_1 \omega & - P_2 Y_2' + g_2 \omega & + \dots \\ X_4 &= P_1 Y_4 + g_1 \omega & - P_2 Y_4' + g_2 \omega & + \dots \end{aligned} \quad (10)$$

i odpowiednio reakcje:

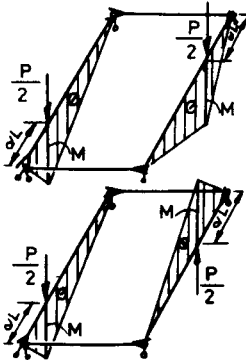
$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1}{L} / X_4 - X_2 / + R_A^0 \\ R_B &= \frac{1}{L} / -X_4 + X_2 / + R_B^0 \\ R_C &= \frac{1}{L} / X_4 - X_2 / + R_C^0 \\ R_D &= \frac{1}{L} / -X_4 + X_2 / + R_D^0 \end{aligned} \quad (11)$$

gdzie:

$R_A^0, R_B^0, R_C^0, R_D^0$ - reakcje w układzie zastępczym od obciążenia przęsłowego

2.2. Linie wpływu momentów węzłowych pod działaniem momentu skręcającego

Rozkładając moment skręcający, podobnie jak obciążenie P na symetryczny i antysymetryczny /rys. 4/, otrzymamy wielkości przemieszczeń:



Rys. 4. Rozkład obciążenia „P” na symetryczne i antysymetryczne

- dla obciążenia symetrycznego

$$\Delta_{2M} = \Delta_{4M} = 0 ; \quad \Delta_{1M} = - \Delta_{3M} = - \frac{M \cdot \alpha \cdot L}{2GJ_s} + \frac{M \cdot k}{12 EJ_x'} \quad (12)$$

- dla obciążenia antysymetrycznego

$$\Delta_{2M} = \Delta_{3M} = 0 ; \quad \Delta_{1M} = \Delta_{3M} = - \frac{M \cdot \alpha \cdot L}{2GJ_s} + \frac{3}{12} \frac{M \cdot k}{MJ_x'} \quad (13)$$

Wstawiając wartości (12), (13) do układu równań kanonicznych przy momencie skręcającym $M = 1$, otrzymamy rzędne linii wpływowych momentów węzłowych X_1 i X_3 /rys. 5/

$$y_1 = \frac{\alpha / 21 + 3 / + / \frac{1}{2}^2 + 1 /}{/ 1 + 1 / / 1 + 3 /} \quad (14)$$

$$y_3 = \frac{/ \frac{1}{2} - \alpha / 1}{/ 1 + 1 / / 1 + 3 /} = - y_1' \quad (15)$$

$$y_3' = \frac{/ 1 - \alpha / / 21 + 3 / + / \frac{1}{2}^2 + 1 /}{/ 1 + 1 / / 1 + 3 /} \quad (16)$$

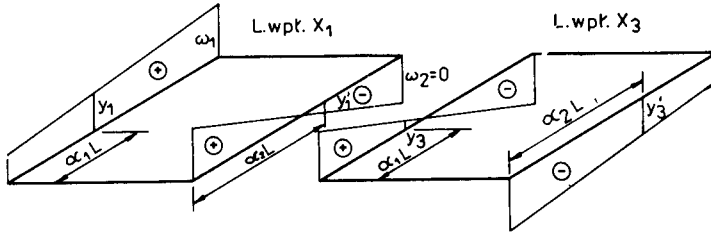
gdzie:

$$1 = \frac{G J_s}{L} \quad \frac{k}{E J_k}$$

dotyczy prawej belki głównej /rys. 2/ przy momencie poruszającym się na belce lewej z A do D.

Powierzchnie linii wpływowej:

$$\omega = \pm \frac{L}{2} \quad (17)$$



Rys. 5. Linie wpływowe momentów węzłowych

Obliczone za pomocą wzorów (14), (16) wielkości momentów węzłowych będą następujące:

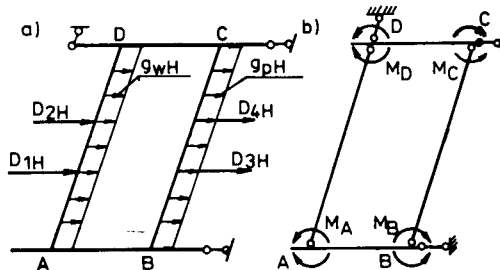
$$\begin{aligned} X_1 &= M_1 y_1 + M_2 y_1' + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2 + \dots \\ X_2 &= M_1 y_3 + M_2 y_3' + m_2 \omega_2 + m_1 \omega_1 + \dots \end{aligned} \tag{18}$$

oraz reakcji:

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1}{K} / -X_1 + X_3 / + R_A^0 \\ R_B &= \frac{1}{K} / X_1 - X_3 / + R_B^0 \\ R_C &= \frac{1}{K} / -X_1 + X_3 / + R_C^0 \\ R_D &= \frac{1}{K} / X_1 - X_3 / + R_D^0 \end{aligned} \tag{19}$$

2.3. Linie wpływowe momentów węzłowych przy obciążeniu poziomym

Dla wyznaczenia linii wpływowych od obciążenia poziomego przyjęto schemat zastępczy jak na rys. 6.



Rys. 6. Schemat mostu dwubelkowego - obciążenie poziome
 a/ schemat zasadniczy dla typu „A” i „B”
 b/ schemat zastępczy

Dla tak przyjętego schematu, wielkości przemieszczeń będą wynosiły:

$$\delta_{11} = \delta_{33} = \frac{L}{EJ_y} + \frac{k}{E J_y}$$

$$\begin{aligned} \delta_{31} &= \delta_{24} = - \frac{k}{3 EJ_y} \\ \delta_{22} &= \delta_{44} = \frac{1}{3} \frac{L}{EJ_y} + \frac{2}{3} \frac{k}{EJ_y} \\ \delta_{21} &= \delta_{14} = \delta_{23} = \delta_{34} = 0 \\ \Delta_{1p} &= - \frac{PL^2}{2EJ_y} / \alpha - \alpha^2 / \\ \Delta_{2p} &= - \frac{PL^2}{2EJ_y} / \frac{\alpha}{3} - \alpha^2 + \frac{2}{3} \alpha^3 \end{aligned} \tag{20}$$

Wstawiając (20) do układu równań kanonicznych oraz przyjmując oznaczenia:

$$\begin{aligned} k'' &= \frac{EJ_y}{L} \cdot \frac{k}{EJ_y} ; \quad A = \frac{3 + 2k''}{3 + 4k'' + k''^2} \\ B &= \frac{k''}{3 + 4k'' + k''^2} ; \quad C = \frac{3 + 6k''}{1 + 4k'' + 3k''^2} \\ D &= \frac{3k''}{1 + 4k'' + 3k''^2} \end{aligned} \tag{21}$$

Otrzymamy przy założeniu $P = 1$ rzędne linii wpływowych momentów węzłowych:

$$\begin{aligned} X_1 &= LA \beta \alpha ; \quad X_1 = 1 ; \quad M_A = M_D = 1 \\ X_2 &= LC \delta \alpha ; \quad X_2 = 1 ; \quad M_A = -M_D = 1 \\ X_3 &= LB \beta \alpha ; \quad X_3 = 1 ; \quad M_B = M_C = -1 \\ X_4 &= LD \delta \alpha ; \quad X_4 = 1 ; \quad M_B = -M_C = -1 \end{aligned} \tag{22}$$

i odpowiednio wielkości momentów:

$$\begin{aligned} M_A &= X_1 + X_2 \\ M_B &= -X_3 + X_4 / \\ M_C &= -X_3 - X_4 / \\ M_D &= X_1 - X_2 \end{aligned} \tag{23}$$

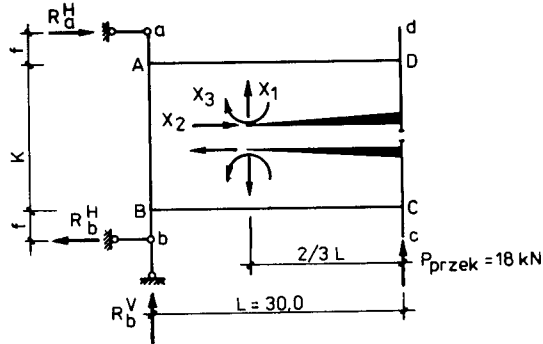
Przy obliczeniu wielkości obciążenia poziomego przyjmuje się [2], że stanowi ono 10% obciążenia pionowego:

$$P_H = 0,1 P$$

$$S_H = 0,1 S$$

2.4. Uwzględnienie przekoszenia w płaszczyźnie poziomej

Dla rozwiązania ramy z uwzględnieniem przekoszenia przyjęto schemat zastępczy z biegunem sprężystym jak na rys. 7.



Rys. 7. Schemat podstawowy metody sił dla wyznaczania sił wewnętrznych od przekoszenia

Nadliczbowe od obciążenia symetrycznego będą:

$$X_1 = -\frac{1}{2} P_{\text{przek.}} ; \quad X_2 = X_3 = 0 \quad (24)$$

Przemieszczenia od obciążenia antysymetrycznego:

$$\delta_{22} = \frac{k^3}{6 EJ_y} + \frac{Lk^2}{2 EJ_y} \quad (25)$$

$$\Delta_{1p} = \Delta_{3p} = 0$$

$$\Delta_{2p} = P_{\text{przek.}} \cdot Lk \left[\frac{L}{4 EJ_y} + \frac{k^2 + k f}{EJ_y / 12 k + 24 f /} \right]$$

Ponieważ $k'' = \frac{EJ_y}{L} \cdot \frac{k}{EJ_y}$, otrzymamy:

$$X_2 = -P_{\text{przek.}} \cdot \frac{L}{K} \cdot \frac{\frac{1}{2} + \frac{k}{6/k + 2f} \cdot k''}{1 + \frac{1}{3} k''} \quad (26)$$

i momenty węzłowe:

$$M_{BF} = -M_{AF} = P_{\text{przek.}} \cdot L \frac{f}{k + 2f}$$

$$M_{BA} = -M_{AB} = \frac{k}{2} X_2 + \frac{P_{\text{przek.}} \cdot Lk}{2/k + 2f} \quad (27)$$

$$M_{BC} = M_{AD} = \frac{k}{2} X_2 + \frac{1}{2} P_{\text{przek.}} \cdot L$$

$$M_{CB} = -M_{CD} = -M_{DA} = -M_{DC} = \frac{k}{2} X_2$$

T a b e l a 1

Zestawienie nadliczbowych X_2 i X_4 dla typu „A”

Oznaczenie obciążenia	D_1	D_2	D_3	D_4	q_{AD}	q_{BC}
Wielkość obciążenia T	18,0	18,0	18,0	18,0	0,387	0,387
$\beta\alpha$	0,120	0,125	0,120	0,125	-	-
$\frac{\beta\alpha}{1+k}$	0,04399	0,04582	0,04399	0,04582	-	-
$\gamma\alpha$	0,008	0,0	0,008	0,0	-	-
$\frac{3\gamma\alpha}{1+3k}$	0,00388	0,0	0,00388	0,0	-	-
$\frac{\beta\alpha}{1+k} - \frac{3\gamma\alpha}{1+3k}$	0,04011	0,04582	0,04011	0,04582	-	-
$\frac{\beta\alpha}{1+k} + \frac{3\gamma\alpha}{1+3k}$	0,04787	0,04582	0,04787	0,04582	-	-
$y_2 = \frac{1}{2} / \frac{\beta\alpha}{1+k} - \frac{3\gamma\alpha}{1+3k} /$	0,60165	0,68730	-0,60165	-0,68730	-	-
$y_4 = \frac{1}{2} / \frac{\beta\alpha}{1+k} + \frac{3\gamma\alpha}{1+3k} /$	-0,71805	-0,68730	0,71805	0,68730	-	-
Powierzchnia linii wpływu	-	-	-	-	+13,7463	-13,7465
$\omega = \pm \frac{I_2^2}{24 \sqrt{1+k}}$	108,30	123,71	-108,30	-123,71	53,20	-53,20
$X_2 = P \cdot y_2 + q \cdot \omega$	-	-	0,00	-	-	-
$X_4 = P \cdot y_4 + q \cdot \omega$	-129,25	-123,71	129,85	123,71	-	-
Momenty przywęzłowe	-	-	-	-	53,20	-53,20
	-	-	0,00	-	-	-
	-	-	-	-	53,20	-53,20
	-	-	0,00	-	-	-

T a b e l a 2

Zestawienie nadliczbowych dla typu „B”

Obciążenie	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	g _w lewe	g _w prawe
Wielkość T; T/m	18,0	18,0	18,0	18,0	0,505	0,505
$\beta\alpha$	0,120	0,125	0,120	0,125	-	-
$\beta\alpha / 1 + k'$	0,0375	0,0390	0,0375	0,0390	-	-
$\alpha\alpha$	0,008	0,0	0,008	0,0	-	-
$\frac{3 \alpha\alpha}{1 + k}$	0,0032	0,0	0,0032	0,0	-	-
$\beta\alpha' / 1 + k' / - \frac{3 \alpha\alpha}{1 + 3k}$	0,0343	0,0390	0,0343	0,0390	-	-
$\frac{\beta\alpha}{1 + k} + \frac{3 \alpha\alpha}{1 + 3k}$	0,0407	0,0390	0,0407	0,0390	-	-
$y_2 = \frac{L}{2} / \frac{\beta\alpha}{1+k} - \frac{3 \alpha\alpha}{1+3k}$	0,5145	0,5850	-0,5145	-0,5845	-	-
$y_4 = \frac{L}{2} / \frac{\beta\alpha}{1+k} + \frac{3 \alpha\alpha}{1+3k}$	-0,6105	-0,5850	0,6105	0,5845	-	-
Powierzchnia linii wpływu	-	-	-	-	11,7038	-11,7038
$\omega = \pm \frac{L^2}{24} / 1 + k'$	92,61	105,3	-92,61	-105,3	-	-
ω	-	-	-	-	59,10	-59,10
$X_2 = P y_2 + g \cdot \omega$	-	-	0,00	-	-	-
$P y_4$	-109,89	-105,30	109,89	105,30	-	-
$g \cdot \omega$	-	-	-	-	59,10	-59,10
$X_4 = P y_4 + g \omega$	-	-	0,00	-	-	-

3. PRZYKŁAD LICZBOWY

Wymiary dźwigara typu „A” i „B” przyjęto jak na rys. 1:

- $P = 97 \text{ kN}$; $L = 30,0 \text{ m}$
- $a_1 = 3,0 \text{ m}$ - rozstaw kół wózka
- $q_w = 3,87 \text{ kN/m}$ - ciężar własny dźwigara typu „A”
- $q_w = 5,05 \text{ kN/m}$ - ciężar własny dźwigara typu „B”
- $k = 5,0 \text{ m}$ - rozstaw osiowy podłóżnic
- St 3S ; $R = 20,5 \text{ kN/cm}^2$
- $P_{\text{przek.}} = 18 \text{ kN}$ - siła pozioma od przekoszenia
- $H_D = 9,7 \text{ kN}$ - siła pozioma

Tabela 1 przedstawia nadliczbowe x_2 i x_4 dla typu „A”, a tabela 2 - dla typu „B”.

T a b e l a 3

Zestawienie nadliczbowych X_1 i X_3 momentów węzłowych od sił poziomych oraz momentów węzłowych od przekoszenia

	Nr wzoru	Oznaczenie	Wartość	
			Schemat „A” kNm	Schemat „B” kNm
Nadliczbowe	14 + 16	X_1	239,68	207,28
		X_3	261,12	228,77
	Tablica 1,2	X_2	0	0
		X_4	0	0
Momenty węzłowe od przekoszenia	26 + 27	M_{DA}	-139,96	-127,74
		M_{AD}	168,85	142,26
		M_{AB}	71,09	63,96
		M_{BA}	87,62	78,30
Momenty węzłowe od obciążenia poziomego		M_A	158,86	146,35
		M_B	-158,86	-146,35
		M_C	-141,03	-130,91
		M_D	141,03	130,91

Na podstawie wyników z tabeli 3 przy zerowej wartości nadliczbowych X_2 i X_4 od obciążeń pionowych wartości momentów przęsłowych w podłużnicy wyznacza się podobnie jak w metodzie uproszczonej wg zależności:

$$M = 0,125 q l^2 + 0,5 P L / 1 - \frac{a_1}{2L} /^2 \quad (28)$$

gdzie:

a_1 - rozstaw sił skupionych P od nacisku wózka

4. WNIOSKI

Przy obliczaniu tego typu mostu suwnicowego dowolnie obciążoną ramą „płaskoprzestrzenną” można rozwiązać jako ruszt od obciążeń pionowych i momentów skręcających oraz jako ramę płaską od obciążeń poziomych. Przy rozwiązywaniu rusztu niewiadome dla ramy płaskiej równają się zero i odwrotnie.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że dla obciążeń pionowych momenty zginające w węzłach są bardzo małe /w przypadku jednakowej wartości sił pionowych równe zero/, zatem przybliżona metoda rozwiązania podłużnicy od obciążeń pionowych jako belki wolnopodpartej dość wiernie opisuje jej pracę.

Dla pozostałych przypadków obciążenia most suwnicy należy traktować jako ruszt lub ramę płaską statycznie niewyznaczalną.

5. LITERATURA

- [1] Spengler J.E.: Issledowanie płaskoprostranstwiennych sistem mostowych kranow. Trudy Wniptmasz, Moskwa 1953
- [2] Strelecki N.N.: Restczatve kombinirowannye sistemy mostow, Moskwa 1953

ANALYSIS OF STATIC PLANE-SPATIAL FRAME

Summary

The paper gives a static analysis of two types of longitudinal box girders forming a plane-spatial frame of the horizontal plane. In conclusions, the author compared a method of precise calculations with that of approximated calculations based on the assumption of a simply supported beam.

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПЛОСКО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАМЫ

Резюме

В статье проанализированы два типа продольных коробчатых ланжерона представляющих в горизонтальной плоскости плоско-пространственную раму. В заключение сравнен точный метод подсчетов с приближительным, опирающимся на закладке схемы балки свободно подпертой.

Andrzej Dylla

BŁĘDY PROJEKTOWE W ZŁĄCZACH I STYKACH PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Artykuł przedstawia rezultaty badań błędów projektowych w złączach ścian zewnętrznych budynków. Określono w nim wpływ błędów konstrukcji złączy na ich właściwości cieplno-wilgotnościowe. Przedstawia propozycję modernizacji złączy.

1. WPROWADZENIE

Uprzemysłowione budownictwo mieszkaniowe stało się w ostatnich latach przedmiotem ostrej krytyki społecznej w związku z ujawnieniem się w szerokim zakresie mankamentów cieplno-wilgotnościowych przegród zewnętrznych, utrudniających eksploatację mieszkań. Większość wad związana jest z błędami w projektowaniu i wykonawstwie złączy i styków elementów konstrukcyjnych.

Nowa norma termiczna [4] inicjuje w budownictwie polskim obowiązek zapewnienia kompleksowej ochrony cieplnej pomieszczeń, w wyniku realizacji siedmiu podstawowych wymogów cieplno-wilgotnościowych.

Dla złączy i styków decydujące znaczenie ma wymóg utrzymania temperatur na powierzchniach wewnętrznych U_1 , powyżej punktu rosy t_g , a także ochrony przed nadmiernym zawilgoceniem wewnętrznym konstrukcji. Warunek $U_1 > t_g$ jest trudny do sprawdzenia w miejscach nieciągłości przegrody, a podane w normie wartości U_1 dotyczą najprostszyc mostków termicznych o przydatności raczej teoretycznej. Złącza rzeczywiste, szczególnie w budownictwie wielkopłytowym, posiadają inne kształty i wyższy stopień skomplikowania. Podobnie, ocena kondensacji we wnętrzu przegrody prostymi metodami obliczeniowymi jest możliwa tylko dla ośrodków ciągłych. Zawilgocenia rozpoczynają się zazwyczaj w przestrzennych złączach i narożnikach przegród.

W Instytucie Budownictwa ATR w Bydgoszczy od paru lat prowadzone są badania przegród zewnętrznych i ich połączeń w różnych systemach budownictwa uprzemysłowionego. Wyniki badań w naturze oraz przy pomocy metod matematycznych zaprezentowano w publikacjach [1], [2]. W oparciu o nie, a także inne niepublikowane badania, przedstawia się w referacie ocenę stosowanych rozwiązań materiałowych i geometrycznych niektórych połączeń wraz z propozycjami ich modyfikacji.

2. BUDOWNICTWO WIELKOBLOKOWE

Technologia wielkoblokowa mimo blisko trzydziestoletniego okresu doświadczeń w Polsce nie pozbyła się szeregu wyraźnych błędów natury cieplno-wilgotnościowej. Niżej wymieniono najbardziej charakterystyczne:

- a. Wieńce oraz inne występujące w stykach elementy betonowe /słupy i rygle ram, podciąg i itp./ ocieplone niedostateczną, najczęściej grubości 6 + 12 cm warstwą bloczków gazobetonowych, wywołują znaczne straty ciepła i często kondensację powierzchniową. Konieczna jest więc odizolowana termicznie elementów betonowych, równoważna parametrom cieplnym ściany /równość współczynników k/, przy pomocy warstwy termoizolacji /styropian/ okrywającej zimny rdzeń mostka na całym jego obwodzie, wewnątrz ściany. Nie zawsze jest to możliwe ze względów konstrukcyjnych /złącza poziome/ i wtedy dla eliminacji działania mostka konieczne jest powiększenie oporu cieplnego wkładki termoizolacyjnej /usytuowanej od czoła wieńca/ ponad wartość oporu cieplnego ściany.
- b. Gzymsy, balkony, loggie często związane są konstrukcyjnie z płytą stropową i przechodzą przez przegrodę zewnętrzną pełnym przekrojem betonowym, intensywnie wychładzając powierzchnię sufitu i nadproża. W/w mankament dotyczy również balkonów i loggi budownictwa wielkopłytowego i może być usunięty poprzez wydzielenie ich z konstrukcji budynku i zawieszenie na izolowanych termicznie wspornikach.
- c. Narożniki przegród jednorodnych z betonów komórkowych wywołują istotne dla powstania kondensacji powierzchniowej i wewnętrznej powiększenie strumienia ciepła o 42% w stosunku do przepływu w ścianie zewnętrznej, w pewnej odległości od narożnika [5]. Otrzymane rezultaty przedstawia tabela 1.

T a b e l a 1

Temperatury w narożnikach wewnętrznych budynków wielkoblokowych,

$$t_i = +20^{\circ}\text{C}, t_e = -20^{\circ}\text{C}$$

Lp.	Ściana zewnętrzna	k W/m ² K	Temperatura narożnika °C
1	2	3	4
1.	grubości 24 cm, murowana z bloczków gazobetonowych odm. 06, spoiny grubości do 1,5 cm, tynk obustronny	1,00	9,15
2.	j.w. lecz z bloczków gazobetonowych o gęstości objętościowej w stanie suchym $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$	1,22	6,76
3.	jak w lp. 2, ale przy grubości spoin 6 cm	1,56	3,07

c.d.t a b e l i 1

1	2	3	4
4.	projektowana zgodnie z normą [1] grubości 28 cm, bloczki odm. 05, spoiny grubości do 1,5 cm, tynk obustronny	0,75	11,86
5.	grubości 40 cm, bloczki odm. 05, spoiny grubości do 1,5 cm, tynk obustronny	0,55	14,03
6.	grubości 28 cm, w tym ściana jak w lp. 4 grubości 24 cm oraz warst- wa termoizolacji /styropian/ gru- bości 4 cm	0,51	14,46

Temperatura punktu rosy t_g , przy normowej wilgotności pomieszczeń mieszkalnych 55%, wynosi 10,7°C, ale często jest przekraczana we wnętrzach z utrzymującą się dłuższy czas wyższą wilgotnością.

Lepiej więc w sąsiedztwie narożnika podwyższyć termoizolacyjność ściany ponad wymagania normowe /co najmniej na długości równej podwójnej grubości ściany, odkładanej w obu kierunkach od wewnętrznej krawędzi narożnika/, zgodnie z propozycją podaną w tabeli 1 /lp. 5 i 6/.

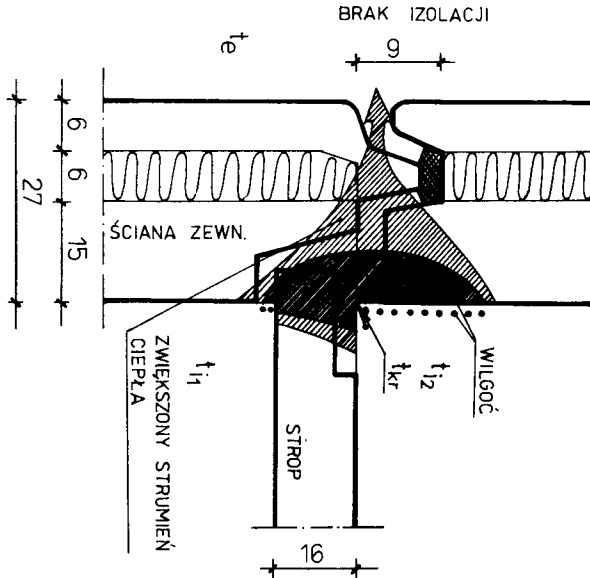
3. BUDOWNICTWO WIELKOPŁYTOWE

Błędy dotyczą zarówno poziomych, jak i pionowych złączy między prefabrykatami na długościach ścian i w narożnikach. Wątpliwości budzą także styki stolarki i filarków międzyokiennej ze ścianami osłonowymi.

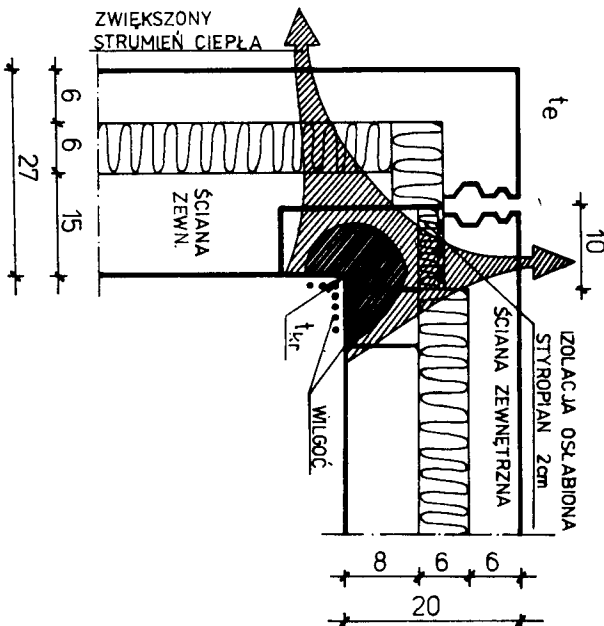
Poniżej podano charakterystykę podstawowych błędów i niektóre propozycje ich usunięcia:

- Całkowity brak termoizolacji na znacznych odcinkach złączy /rys. 1/ z reguły prowadzi do kondensacji powierzchniowej. W przedstawionym złączu poziomym systemu OWT temperatura na powierzchni wewnętrznej ściany nad podłogą t_{kr} ulegnie dodatkowemu obniżeniu ze względu na nierównomierny rozkład temperatur wewnętrznych w pionie, przy czym zwykle $t_{12} < t_{11}$. W naszych warunkach klimatycznych należy unikać takich rozwiązań.
- Oskabienie termoizolacji stosowane generalnie /rys. 2/ zarówno w złączach pionowych, jak i poziomych zawsze powoduje zwiększenie strumienia ciepła, a więc dodatkowe straty energii pomieszczenia. Często może wystąpić kondensacja powierzchniowa i wewnętrzna, szczególnie w złączach przestrzennych i narożnikach. Ogólną zasadą powinno być powiększenie oporu cieplnego przegrody w tych miejscach, co nie zawsze jest

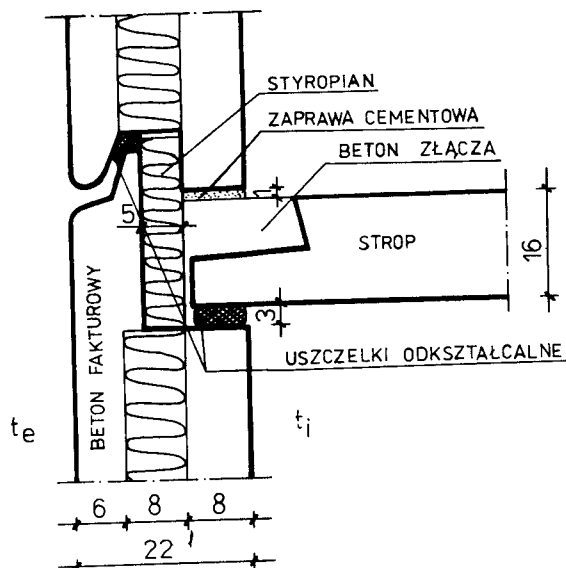
możliwe ze względów konstrukcyjnych. Jak wykazały badania, nieodzownym staje się wtedy pogrubienie warstwy izolacyjnej w sąsiedztwie złącza do 8 cm /styropian, wełna mineralna/, z pozostawieniem osłony samego złącza wkładką izolacyjną o grubości minimum 5 cm /rys. 3/.



Rys. 1. Złącze poziome systemu OWT-75

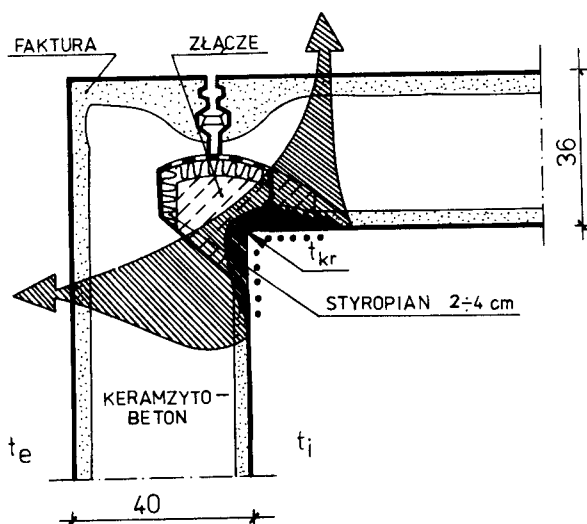


Rys. 2. Narożnik w systemie WK-70

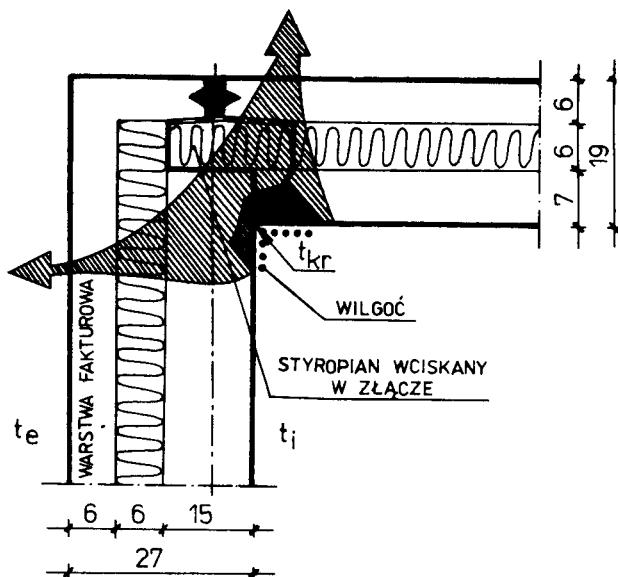


Rys. 3. Modernizacja złącza poziomego w systemie WK-70

- c. Niewłaściwa ochrona termiczna narożników /rys. 2, 4, 5/. Ze względu na szczególny charakter narożnika w procesie wymiany ciepła /punkt 2 c/, lokalne ocieplenie samego złącza w przegrodach jednorodnych /rys. 4 / jest niewystarczające. W ścianach trójwarstwowych ciągła warstwa izolacji grubości 5 + 6 cm, okrywająca narożnik, może nie zabezpieczyć wnętrza przed kondensacją /rys. 5/, jeżeli nie zapewnimy równoczesnego podwyższenia oporu cieplnego ściany w sąsiedztwie narożnika. Lepiej więc przyjąć rozwiązania odpowiadające zasadzie przedstawionej na rysunku 3

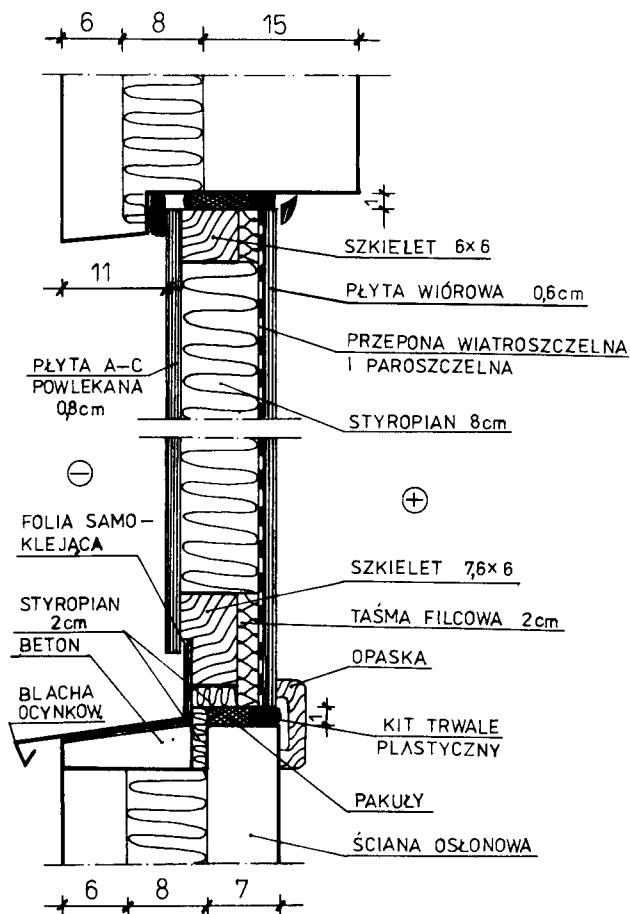


Rys. 4. Narożnik w systemie szczecińskim



Rys. 5. Narożnik w systemie OWT-75

- d. Wadliwa technologiczność złączy, wyrażająca się brakiem dostępu w procesie montażu dla wykonania prac izolacyjnych, dopuszcza i toleruje przecieki wód opadowych do wnętrza /rys. 5/. Zablockowanie dojścia do złącza uniemożliwia staranne wyklejenie izolacją styku elementów prefabrykowanych. Jest to działanie projektowo nierozważne, ponieważ złącze jest słabym miejscem przegrody i budynku jako całości. Niewłaściwa konstrukcja złączy, szczególnie w ścianie szczytowej, powoduje sumowanie się negatywnych zjawisk wilgotnościowych, wywołanych przeciekami i wzmoczoną dyfuzją wilgoci.
- e. Błędy w konstruowaniu i osadzaniu filarków międzyokiennych i stolarki dają o sobie znać w systemie OWT. Spowodowane są niedostatecznym cofnięciem lica filarków w głąb przegrody zewnętrznej w następstwie zbyt płytkich węgarów /5 cm/. W rezultacie intensywnej penetracji wód opadowych oraz nieszczelności połączeń pionowych powstają przecieki w pomieszczeniach pod parapetami. Przez nieocieplone ramiaki szkieletu filarków /5 x 5 cm/ odbywa się wzmoczony odpływ ciepła na zewnątrz. Warstwa papy izolacyjnej, zabezpieczająca filarek przed przewiewaniem, uniemożliwia jednocześnie odparowanie wilgoci wchłoniętej przez wełnę mineralną, ulegającą stopniowemu zamoczeniu.
- Na rysunku 6 podano przykładowe rozwiązanie filarka międzyokieennego oraz ściany osłonowej, w którym usunięto w/w mankamenty.



Rys. 6. Modernizacja filarka międzyokiennego i węgarka w systemie OWT

4. PODSUMOWANIE

Badania i analiza mankamentów złączy i styków budownictwa uprzemysłowionego pozwoliły autorowi na przedstawienie następującej koncepcji modernizacyjnej:

- podwyższenie termoizolacyjności ścian zewnętrznych zarówno jednomateriałowych, jak i trójwarstwowych, do ok. $0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ przy równoczesnym zastosowaniu okien szklonych potrójnie $/2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})/$, dając możliwości swobodniejszego kształtowania brył budynków $/\text{współczynnik } k_p/$. Właściwie skonstruowanie złączy prefabrykatów w tak ocieplonych ścianach praktycznie usuwa niebezpieczeństwo kondensacji powierzchniowej,
- poprawienie izolacyjności złączy i styków, która powinna być nie mniejsza niż w ścianach zewnętrznych jednomateriałowych. Dla ścian

- trójwarstwowych zapewnić osłonę termoizolacją grubości 5 cm, bez mostków przelotowych,
- zastąpienie wielkogabarytowych prefabrykatów ścian zewnętrznych ścianą trójwarstwową pasmową, ze stolarką okienną przewiązaną lekimi filarkami międzyokiennymi i złączami z dostępem dla wykonania izolacji przeciwwilgociowej i termicznej, jako jednego z rozwiązań alternatywnych.

5. LITERATURA

- [1] Dylla A.: Analiza poprawności technicznej niektórych systemów budownictwa mieszkaniowego w świetle nowej normy cieplnej. VII Toruńska Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna PZITB, Toruń 1983
- [2] Dylla A., Kuryło R.: Błędy w rozwiązaniach projektowych i wykonawstwie ścian zewnętrznych budynków wielkoblokowych. VII Toruńska Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna PZITB, Toruń 1983
- [3] Polska Norma PN-74/B-03404. Współczynniki przenikania ciepła K
- [4] Polska Norma PN-82/B-02020. Ochrona cieplna budynków
- [5] Weber A.P.: Centralne ogrzewania wodne. Arkady, Warszawa 1975

PROJECT ERRORS IN JOINTS AND CONNECTIONS OF EXTERNAL WALLS Summary

The paper presents a result of experimental studies of project errors in joints of buildings external walls. The influence of the errors in joints construction on its thermal humidity properties was investigated. A suggestion for joints modernization was described.

ПРОЕКТНЫЕ ОШИБКИ В СТЫКАХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Резюме

В статье представлены результаты опытов проектных ошибок в стыках ограждающих конструкций. Установлено влияние ошибок в конструкции стыков на их тепловлажностные характеристики. Кроме этого предложены принципы модернизации стыков

Andrzej Dylla

PROGRAM KOMPUTEROWY OBLICZENIA ROZKŁADU TEMPERATUR W ZŁĄCZU
PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Artykuł zawiera program w języku ALGOL na maszynę matematyczną ODRA serii 1300, rozwiązujący problem przepływu ciepła w złączu przegród budowlanych.

1. WPROWADZENIE

Znalezienie rozkładu temperatur w polu dwuwymiarowym /płaskim/, na obszarze styków i złączy przegród budowlanych, wymaga dyskretyzacji obszaru przy pomocy siatek i zastąpienia różniczek w równaniu Fouriera wyrażeniami różnicowymi. Rozwiązanie powstałego układu równań różnicowych - liniowych, zbudowanych dla każdego węzła siatki, nie jest praktycznie możliwe bez użycia komputera.

Potrzeby projektowania mogą zostać zaspokojone przez dostarczenie szeregu programów komputerowych, rozwiązujących ten problem dla licznych konkretnych, stosowanych w praktyce przypadków złączy.

Posiadanie programu umożliwi obliczenie rozkładu temperatur w danym złączu, a w szczególności określenie minimalnych temperatur na jego powierzchniach wewnętrznych, które powinny spełniać normy warunków:

$$t_i > t_g \quad \text{/pkt. 2.6 normy [1]/} \quad (1)$$

gdzie:

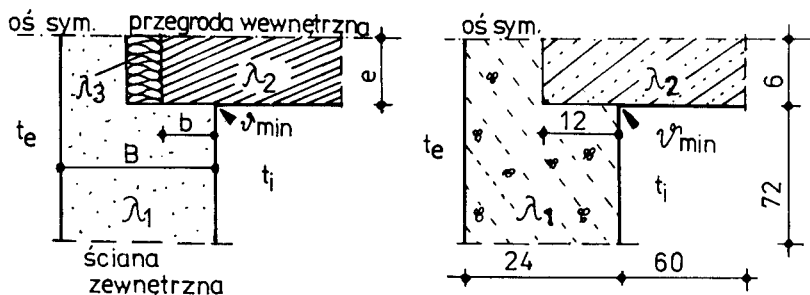
t_i - minimalna temperatura na powierzchni wewnętrznej złącza, °C
 t_g - temperatura punktu rosy powietrza wewnętrznego dla warunków normowych, °C

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Zadanie polega na znalezieniu rozkładu temperatur /przy założeniu warunków stacjonarnych/ w płaskim złączu dwóch przegród budowlanych, prostopadłych do siebie /rys. 1/. Jedną z nich jest ściana wewnętrzna budynku, drugą jest wewnętrzna przegroda dowiązująca - ściana lub strop.

Z założenia ściana zewnętrzna wykonana jest z jednorodnego materiału termoizolacyjnego / λ_1 /, przegrodę dowiązującą stanowi materiał o gorszych

cechach izolacyjności termicznej /na przykład żelbet, beton, cegła, $\lambda_2/$.
Jest więc $\lambda_2 > \lambda_1$.



Rys. 1. Złącze przegród prostokątnych

Przegroda wewnętrzna jest zanurzona w cieplejszym materiale ściany zewnętrznej. Głębokość zanurzenia /b/ oraz inne gabaryty złącza /B,e/ są zmienne w granicach praktycznych zastosowań.

Modelowaniu podlegają temperatury graniczne:

t_e - zewnętrzna, t_i - wewnętrzna, °C

oraz współczynnik przejmowania ciepła:

α_i - na powierzchni wewnętrznej, α_e - na powierzchni zewnętrznej, złącza, W/(m²K).

Istnieje możliwość zbadania złączy ocieplonych we wnętrzu dodatkową wkładką termoizolacyjną. Podobnie mogą być badane złącza ocieplone od wewnątrz ciągłą warstwą izolacji cieplnej.

3. ALGORYTM ROZWIĄZANIA PROBLEMU

Algorytm posługuje się równaniem różniczkowym Laplace'a, aktualnym przy założeniu ustalonego przewodzenia ciepła w złączu:

$$\nabla^2 t = 0 \quad (2)$$

w którym laplasjan temperatury utworzono z pominięciem trzeciego wymiaru:

$$\nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \quad (3)$$

Na siatce kwadratowej można zbudować aproksymację wyrażenia przedstawiającego lewą stronę równania Laplace'a, posługując się wyrażeniami różnicowymi:

$$L(T) = h^{-2} [T(E) + T(N) + T(W) + T(P)] \quad (4)$$

gdzie:

$T(P)$ - przybliżona wartość temperatury t w węźle siatki P
 $T(E)$, $T(N)$,
 $T(W)$, $T(S)$ - przybliżone wartości temperatur w węzłach sąsiadujących, w przyjętej siatce, z węzłem P /oznaczonych jak w kompasie/
 h - krok siatki

Wyrażenie $L(T)$, zwane pięciopunktowym operatorem Laplace'a, pozwala w prosty sposób obliczyć temperaturę dowolnego węzła siatki P :

$$T(P) = \frac{T(E) + T(N) + T(W) + T(S)}{4} \quad (5)$$

jako średnią arytmetyczną czterech temperatur węzłów sąsiednich E, N, W, S . Błąd metody tworzy reszta $Q(h^2)$.

Uwzględnienie niejednorodności pola dwuwymiarowego polega na utworzeniu średniej ważonej z temperatur węzłów sąsiadujących oraz współczynników przenikania ciepła k_m między węzłami siatki i przy założeniu przepływu ciepła pasem o szerokości równej h , przy czym linia siatki leży w środku szerokości pasa:

$$T(P) = \frac{T(E)k_{PE} + T(N)k_{PN} + T(W)k_{PW} + T(S)k_{PS}}{k_{PE} + k_{PN} + k_{PW} + k_{PS}} \quad (6)$$

Równania o tym kształcie można napisać dla wszystkich węzłów obszaru złącza.

Rozwiązania układu równań liniowych poszukuje się stacjonarną metodą iteracyjną Gaussa - Seidla.

Macierze współczynników przenikania ciepła k_m , uwzględniające jedynie wielkości niezerowe w pamięci maszyny, otrzymują zwartą postać, z zastosowaniem wskaźników określających umiejscowienie w kolumnach poszczególnych wartości.

Zbieżność mierzymy praktycznie, analizując odchyłki między wybranymi iteracjami.

4. PROGRAM

Program zapisano w języku ALGOL 1900, opracowanym dla maszyn cyfrowych ODRA serii 1300. Poniżej podano list z kompilacji programu.

08/27/26 05/11/84 COMPILED BY XALM MK. 15C

STATEMENT

```

O    'LIST' (LP)
O    'PROGRAM' STYK
O    'MIXED SEGMENTS'
O    'INPUT' 1 = CRO
O    'OUTPUT' 2 = LPO

```

```

0      'TRACE' 2
0      'BEGIN'
1      'COMMENT' ZLACZE PROSTOPADLE;
1      'INTEGER' I,J,A,B,X,Y,X1,Y1,X2,X3,X4,IT1,IT2;
1      'REAL' K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, KO,KN,TT,TE,R1,
        R2, R3, R;
2      SELECT INPUT (1);
4      SELECT OUTPUT (2);
5      X←READ;Y←READ;X1←READ;Y1←READ;X2←READ;X3←READ;X4←READ;
12     A←READ; IT1←READ; IT2←READ;
15     'BEGIN'
15     'ARRAY' C1 [1:X4+1,0:2*Y],C2 [1:X+1,0:2*Y1],D1 [1:X4,1:Y],
15     D2 [1:X,1:Y1],T1 [0:X4+1,0:Y+1],T2 [0:X+1,0:Y1+1],
15     TT1 [0:X+1],TT2 [0:X4+1];
15     K1←READ;K2←READ;K3←READ;K5←READ;K8←READ;KO←READ;KN←READ;
23     TT←READ;TE←READ;K4←0.5*K1;K6←0.5*(K2+K3);K7←0.5*(K1+K2);
28     K9←0.5*K2;
29     'FOR' I←2'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
30     'FOR' J←0'STEP'1'UNTIL'2*Y'DO'C1 [I,J]←K1;
32     'FOR' J←0'STEP'2'UNTIL'2*Y'DO'C1 [I,J]←K4;
34     'FOR' J←1'STEP'2'UNTIL'2*Y-1'DO'C1 [I,J]←KO;
36     'FOR' I←X1'STEP'1'UNTIL'X2'DO'
37     'FOR' J←0'STEP'1'UNTIL'2*Y1-2'DO'C1 [I,J]←K3;
39     'FOR' J←0'STEP'2'UNTIL'2*Y1-2'DO''BEGIN'
40     C1 [X2,J]←K6;C1 [X1,J]←K8'END';
43     'FOR' I←X1'STEP'1'UNTIL'X2'DO'C1 [I,2*Y1-1]←K8;
45     'FOR' J←1'STEP'2'UNTIL'2*Y1-1'DO'C1 [X1,J]←K1;
47     'FOR' I←X2+1'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
48     'FOR' J←0'STEP'1'UNTIL'2*Y1-2'DO'C1 [I,J]←K2;
50     'FOR' I←X3'STEP'1'UNTIL'X4'DO'
51     'FOR' J←2*Y1'STEP'1'UNTIL'2*Y'DO'C1 [I,J]←K3;
53     'FOR' I←X3'STEP'1'UNTIL'X4'DO'C1 [I,2*Y1-1]←K6;
55     'FOR' I X2+1'STEP'1'UNTIL'X3'DO'C1 [I,2*Y1-1]←K7;
57     C1 [X4+1,2*Y1-1]←KO;
58     'FOR' J←2*Y1'STEP'2'UNTIL'2*Y'DO''BEGIN'
59     C1 [X3,J]←K8;C1 [X4,J]←K5'END';
62     'FOR' J←2*Y1+1'STEP'2'UNTIL'2*Y-1'DO''BEGIN'
63     C1 [X3,J]←K1;C1 [X4+1,J]←KN'END';
66     C1 [X4+1,2*Y1]←KN;
67     'FOR' I←1'STEP'1'UNTIL'X4'DO'
68     'FOR' J←0'STEP'1'UNTIL'2*Y1'DO'C2 [I,J]←C1 [I,J];
70     'FOR' I←X4+1'STEP'1'UNTIL'X+1'DO'
71     'FOR' J←0'STEP'1'UNTIL'2*Y1-2'DO'C2 [I,J]←K2;
73     'FOR' I←X4+1'STEP'1'UNTIL'X+1'DO''BEGIN'
74     C2 [I,2*Y1-1]←K9;C2 [I,2*Y1]←KN'END';
77     R1←1/K1;R2←1/K2;R3←1/K3;TT1 [0]←TE;TT1 [X+1]←TT;
82     R←R1*(X1-1)+R3*(X2-X1)+R2*(X+1-X2)+1/KO;

```



```

83   'FOR'I←X1+1'STEP'1'UNTIL'X2'DO'
84   TT1 [I]←TE+(TI-TE)*(1/KO+R1)*(X1-1)+R3*(I-X1) /R;
85   'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X1'DO'
86   TT1 [I]←TE+(TI-TE)*(1/KO+R1*(I-1)) /R;
87   'FOR'I←X2+1'STEP'1'UNTIL'X+1'DO'
88   TT1 [I]←TE+(TI-TE)*(1/KO+R1*(X1-1)+R3*(X2-X1)+R2*(I-X2)) /R;
89   R←1/KO+R1*(X3-1)+R3*(X4-X3)+1/KN;
90   TT2 [0]←TE;TT2 [X4+1]←TI;
91   'FOR'I←X3'STEP'1'UNTIL'X4'DO'
92   TT2 [I]←TE+(TI-TE)*(1/KO+R1*(X3-1)+R3*(I-X3)) /R;
93   'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X3'DO'
94   TT2 [I]←TE+(TI-TE)*(1/KO+R1*(I-1)) /R;
95   'FOR'I←0'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
96   'FOR'J←0'STEP'1'UNTIL'Y1-1'DO'T1 [I,J]←TT1 [I];
97   'FOR'I←0'STEP'1'UNTIL'X4'DO'T1 [I,Y1]←0.5*(TT1 [I]+TT2 [I]);
98   T1 [X4+1,Y1]←TT1 [X4+1];
99   'FOR'I←0'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
100  'FOR'J←Y1+1'STEP'1'UNTIL'Y+1'DO'T1 [I,J]←TT2 [I];
101  'FOR'I←0'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
102  'FOR'J←0'STEP'1'UNTIL'Y1+1'DO'T2 [I,J]←T1 [I,J];
103  'FOR'I←X4+2'STEP'1'UNTIL'X+1'DO'
104  'FOR'J←0'STEP'1'UNTIL'Y1'DO'T2 [I,J]←T1 [I];
105  'FOR'I←X4+2'STEP'1'UNTIL'X+1'DO'T2 [I,Y1+1]←TI;
106  B←0;
107  EE1:B←B+1;
108  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X4'DO''BEGIN'
109  'FOR'J←1'STEP'1'UNTIL'Y'DO''BEGIN'
110  D1 [I,J]←C1 [I,2*J-2]*T1 [I,J-1]+C1 [I,2*J-1]*T1 [I-1,J]+
111  C1 [I,2*J]*T1 [I,J+1]+C1 [I+1,2*J-1]*T1 [I+1,J];
112  D1 [I,J]←D1 [I,J] / (C1 [I,2*J-2]+C1 [I,2*J-1]+C1 [I,2*J]+
113  C1 [I+1,2*J-1]);
114  T1 [I,J]←D1 [I,J] 'END''END';
115  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X4'DO'T1 [I,0]←T1 [I,2];
116  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X4'DO'
117  'FOR'J←0'STEP'1'UNTIL'Y1+1'DO'T2 [I,J]←T1 [I,J];
118  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X'DO''BEGIN'
119  'FOR'J←1'STEP'1'UNTIL'Y1'DO''BEGIN'
120  D2 [I,J]←C2 [I,2*J-2]*T2 [I,J-1]+C2 [I,2*J-1]*T2 [I-1,J]+
121  C2 [I,2*J]*T2 [I,J+1]+C2 [I+1,2*J-1]*T2 [I+1,J];
122  D2 [I,J]←D2 [I,J] / (C2 [I,2*J-2]+C2 [I,2*J-1]+C2 [I,2*J]+
123  C2 [I+1,2*J-1]);
124  T2 [I,J]←D2 [I,J] 'END''END';
125  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X'DO'T2 [I,0]←T2 [I,2];
126  'FOR'I←1'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'
127  'FOR'J←0'STEP'1'UNTIL'Y1'DO'T1 [I,J]←T2 [I,J];
128  'IF'B=IT1'THEN'GO TO'EE2;
129  'IF'B=IT2'THEN'GO TO'EE2;

```

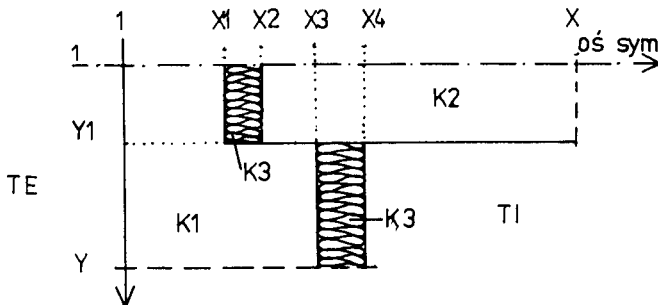
```

141      'IF'B<A'THEN''GO TO'EE1;
142      EE2:PAPER THROW;NEWLINE (2);
144      WRITE TEXT (' ('TABLICA%TEMPERATUR%' ) ');
145      NEWLINE (4);PRINT (B,4,0);NEWLINE (2);
148      'FOR'J<=0'STEP'1'UNTIL'Y+1'DO''BEGIN'NEWLINE (2);
151      'FOR'I<=X4-4'STEP'1'UNTIL'X4+1'DO'PRINT (T1 [I,J] ,2,2)'END';
153      NEWLINE (2);'FOR'I<=0'STEP'1'UNTIL'X+1'DO''BEGIN'NEWLINE (2);
157      'FOR'J<=Y1-2'STEP'1'UNTIL'Y1+1'DO'PRINT (T2 [I,J] ,2,2)'END';
158      'IF'B<A'THEN''GO TO'EE1;
159      'END''END';
SEGMENT STYK      LENGTH 3652
CORE 9984
COMPILED STYK EC

```

5. DANE

Schemat złącza przedstawiono na rys. 2. Dane dotyczą parametrów termoizolacyjnych oraz geometrycznych złącza. Obszar złącza analizowany jest w układzie współrzędnych X, Y skierowanym jak na rysunku.



Rys. 2. Schemat złącza

Dane obejmują 10 liczb całkowitych oraz 9 liczb rzeczywistych zapisanych w takiej właśnie kolejności. Stanowią je:

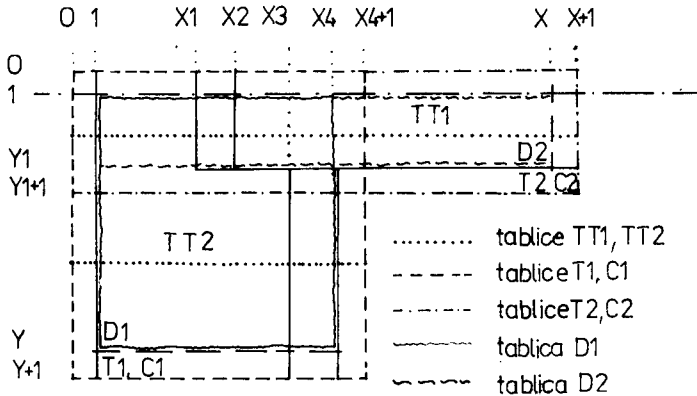
- X, Y, X1, Y1, X2, X3, X4 - parametry geometryczne złącza wyrażone w jednostkach kroków podziałowych h dla siatki kwadratowej,
- A, IT1, IT2 - numery drukowanych iteracji /ostatniej, pierwszej i drugiej drukowanej/,
- K1, K2, K3 - współczynniki przenikania ciepła na odcinku h, we wnętrzu poszczególnych materiałów złącza, $W/(m^2 \cdot K)$,
- $K5=0,5 \cdot K3$, $K8=0,5 \cdot (K3+K1)$ - współczynniki przenikania ciepła na granicach warstw materiałowych, $W/(m^2 \cdot K)$,
- $K0, K1$ - współczynniki przejmowania ciepła na powierzchni przegrody, odpowiednio: od zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia, $W/(m^2 \cdot K)$,
- $T1, T2$ - temperatura wewnętrzna i zewnętrzna, $^{\circ}C$.

6. KOMENTARZ DO PROGRAMU

Z lewej strony listingu podane są numery bieżące instrukcji programu. W szczególności:

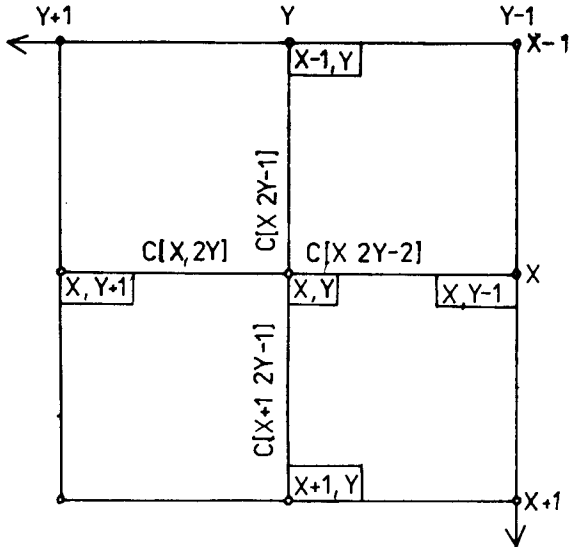
1. Część początkowa programu /instrukcje 1 ÷ 28/ zawiera:

- komentarz /1/ z tytułem programu,
- opisy zmiennych o wartościach całkowitych /1/ INTEGER i wartościach rzeczywistych /1/ REAL,
- opisy tablic z podaniem ich rozmiarów /15/ ARRAY. Wyróżniono tablice dwuwymiarowe: współczynników C1, C2, temperatur T1, T2, D1, D2 oraz jednowymiarowe w przekrojach złącza TT1, TT2. Wymiary tablic przyjęto zgodnie z rys. 3. W tablicach D1 i D2 odbywa się obliczanie wartości iterowanych temperatur w obszarze złącza. Tablice T1, T2 i odpowiadające im współczynniki C1, C2 zwiększono o jeden krok poza granice obszaru dla umożliwienia zbudowania operatora Laplace'a dla węzłów siatki na granicach obszaru złącza,



Rys. 3. Wymiary tablic

- instrukcje wejścia powodujące wczytanie danych /5, 12, 15, 23/ w ustalonej kolejności,
 - instrukcje podstawienia nadające zmiennym K wartości obliczonych wyrażeń arytmetycznych /na granicach złącza, 23, 28/.
2. Budowa tablic współczynników K /29 ÷ 74/ odbywa się w wyniku realizacji szeregu instrukcji „dla” i instrukcji podstawienia. Użycie pięciopunktowego operatora Laplace'a wymaga wartości czterech współczynników K dla każdego węzła siatki. W zapisie okazuje się pomocny schemat identyfikacyjny, związany z orientacją układu współrzędnych /rys.4/. Zbudowano dwie tablice C1 i C2 o części wspólnej w obszarze przenikania się gałęzi złącza.
3. Obliczenie tablic jednowymiarowych TT1 i TT2 /83 ÷ 95/ poprzedza określenie oporów cieplnych w poszczególnych materiałach złącza /dla kroków siatki h, 77 ÷ 82/. Stosowane są przy tym podstawowe wzory obowiązujące dla jednokierunkowego przenikania ciepła przez przegrodę.



Rys. 4. Schemat identyfikacyjny współczynników K

4. Kolejną czynnością jest zapisanie dwuwymiarowych tablic T1, T2 temperatur początkowych we wszystkich węzłach siatki, uzyskiwane w wyniku przyporządkowania odpowiednim węzłom temperatur obliczonych w przekrojach TT1, TT2 /96 ÷ 111/. Temperatury w liniach styku różnych materiałów oblicza się jako średnie arytmetyczne odpowiednich przekrojów.
5. Proces iteracji Gaussa-Seidla, w obrębie dwóch tablic D1, D2, przebiega w wyniku realizacji instrukcji 115 ÷ 137. Instrukcje 121 i 133 oznaczają spełnienie algorytmu Gaussa-Seidla. Wynikiem kolejnych iteracji są tablice T2, T1, które na granicy, w sąsiedztwie osi symetrii złącza poprawia się, uwzględniając warunki symetrii /122, 134/.
6. Tworzenie pętli indukcyjnych. Kolejna iteracja stanowi pętlę w programie. Ilość powtórzeń jest z góry określona. Licznikiem pętli jest wielkość B, zmieniająca swoją wartość po każdym cyklu o jeden /114/, począwszy od wartości B=1. Pozwala to na zadanie iteracji końcowej /lub pośredniej drukowanej/ przez określenie liczb porównawczych A, IT1, IT2.

Program pozwala na obliczenie i wydrukowanie trzech wartości temperatur dla różnych kroków iteracyjnych. Ostatecznie wyniki obliczeń są najczęściej efektem zbadania trzech równoodległych w procesie iteracyjnym wartości funkcji $T[X, Y]$ w poszczególnych węzłach obszaru i ewentualnym wykonaniu ich ekstrapolacji przy użyciu metody „ δ^2 ”:

$$\bar{T} = \frac{T_i \cdot T_{i+2n} - T_{i+n}^2}{T_{i+2n} - 2T_{i+n} + T_i} \quad (7)$$

gdzie:

- T_i, T_{i+n}, T_{i+2n} - wartości funkcji T dla iteracji i, i+n, i+2n
 \bar{T} - poprawiona wartość funkcji T

Tej postaci ekstrapolacja, zwana procesem Aitkena, może być stosowana ostrożnie i tylko dla funkcji szybko zbieżnych [2].

7. Drukowanie wyników odbywa się pasami różnej szerokości, dla łatwiejszej identyfikacji węzłów, wzdłuż powierzchni wewnętrznych złącza.

7. PRZYKŁAD

Zbadano złącze o wymiarach podanych na rys. 1. Przyjęto pozostałe dane:

- krok siatki $h = 1,5$ cm,
- współczynnik przewodności cieplnej $\lambda_1 = 0,2$ W/(m.K)/gazobeton/,
- współczynnik przewodności cieplnej $\lambda_2 = 1,6$ W/(m.K)/żelbet/,
- współczynnik napływu ciepła $\alpha_1 = 5,25$ W/(m².K) wg [3],
- współczynnik odpływu ciepła $\alpha_e = 20$ W/(m².K) wg [1],
- temperatura wewnętrzna $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- temperatura zewnętrzna $t_e = -20^\circ\text{C}$,
- numery drukowanych iteracji IT1=200, IT2=300, A=400.

Dane do programu przyjmują postać:

57; 53; 7; 5; 9; 15; 17; 400; 200; 300; 13,333; 106,667; 13,333; 6,667 ; 13,333; 20; 5,25; 20; -20;

Rezultatem obliczeń są minimalne temperatury ϑ_1 , występujące w narożniku wewnętrznym dla trzech równoległych iteracji:

ϑ_1 dla iteracji 200-tnej	11,40 ^o C
ϑ_1 dla iteracji 300-tnej	12,35 ^o C
ϑ_1 dla iteracji 400-tnej	12,86 ^o C

Proces Aitkena daje przybliżenie:

$$\vartheta_1 = \frac{11,40 \cdot 12,86 - 12,35^2}{12,86 - 2 \cdot 12,35 + 11,40} = 13,45^\circ\text{C}$$

8. PODSUMOWANIE

Brak publikowanych programów do obliczenia rozkładu temperatur w złączach dwuwymiarowych uniemożliwia realizację postanowień normy cieplnej [1].

Przedstawiony program rozwiązuje konkretne złącze i może być wykorzystany do jego korekty termicznej przez zmianę parametrów geometrycznych złącza bądź jego ocieplenie wewnętrzną wkładką termoizolacyjną [4].

W oparciu o zasadę algorytmu Gaussa-Seidla, przyjętą w prezentowanym rozwiązaniu, można obliczać inne przykłady konkretnych połączeń elementów budowlanych w zakresie problematyki termicznej.

9. LITERATURA

- [1] Dylla A.: Analiza wpływu przegrody dowiązującej na stan termiczny ściany zewnętrznej jednorodnej. XXXI Konferencją Naukowa KIL i W PAN i KN PZITB. Krynica 1985
- [2] Dylla A.: Fizyka budowli. Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy. Bydgoszcz 1985
- [3] Norma PN-82/B-02020. Ochrona cieplna budynków
- [4] Ralston A.: Wstęp do analizy numerycznej. PWN, Warszawa 1971

ROUTINE OF CALCULATING TEMPERATURE DISTRIBUTION IN BUILDING WALLS
JOINTS

Summary

The paper presents a routine in the algorithmic language Algol for the digital computer ODRA series 1300. The routine solves the problem of heat conductivity in building walls joints.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТЫКАХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С
ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Резюме

Статья содержит программу на электронно-вычислительную машину "Одра" 1300 на языке программирования АЛГОЛ. Программа решает проблему теплопередачи через стыки ограждений.

Andrzej Dylla
Bogusław Stosik

ANALIZA TERMICZNA ŚCIAN SZCZYTOWYCH ORAZ ZŁĄCZY WYBRANYCH BUDYNKÓW OSIEDLA BŁONIE W BYDGOSZCZY

W artykule przedstawiono rezultaty analizy termicznej płaskich złączy różnych przegród budowlanych w wybranych budynkach mieszkalnych. Analiza szeregu przykładów pozwala na uogólnienia przydatne w praktyce projektowania złączy z uwzględnieniem problematyki ciepło-wilgotnościowej.

1. WSTĘP

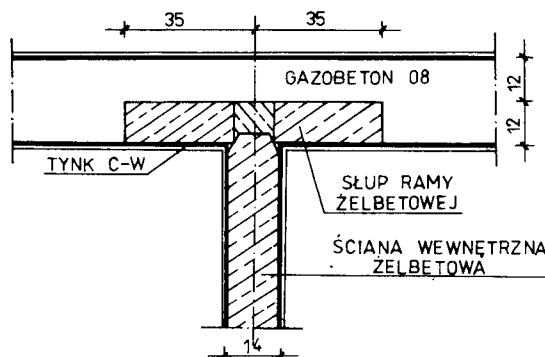
Powszechnie panuje przekonanie, że obiekty wznoszone w technologiach poprzedzających wielką płytę wolne były od mankamentów ciepło-wilgotnościowych. Tymczasem obserwacje stanu technicznego przegród i złączy w technologiach zarówno tradycyjnych, jak i wielkoblokowych wskazują na występowanie „słabych” miejsc w budynkach, powodujących długotrwałe zawilgocenia i zjawiska pochodne, szkodliwe dla organizmów ludzkich.

Przedmiotem niniejszej analizy są niektóre rozwiązania ścian szczytowych, budynków 5-cio kondygnacyjnych wielkoblokowych, zrealizowanych na osiedlu Błonie w Bydgoszczy w początku lat sześćdziesiątych. Ściany szczytowe wykonano z bloczków gazobetonowych odmiany O8, grubości 24 cm, wypełniających przestrzeń w obrysie ramy żelbetowej, konstrukcyjnej, o grubości 12 cm oraz wymiarach słupów 30 cm i rygli 26 cm /rys. 1/. Ramy ocieplone są bloczkami gazobetonowymi grubości 12 cm. Ściana jest obustronnie tynkowana. Płyty stropowe oparte na ryglach posiadają wieńce ocieplone płytami gazobetonowymi grubości 6 cm.

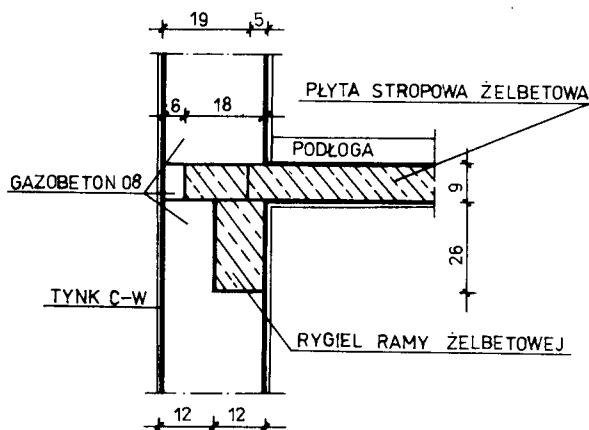
Do badań wytypowano złącze pionowe /rys. 1/. Złącze występuje w centralnej części ściany szczytowej na całej wysokości budynku, w miejscu, gdzie słupy dwóch ram żelbetowych połączone są zamkiem z płytą ściany wewnętrznej podłużnej. W ścianie szczytowej powstaje w ten sposób szeroki pomost żelbetowy połączony z wewnętrznym betonem ściany podłużnej i ocieplony z zewnątrz scianką z bloczków gazobetonowych. Jest to więc przypadek mostka termicznego z rdzeniem umieszczonym po stronie temperatur dodatnich, który szczególnie niekorzystnie obniża temperaturę na powierzchni wewnętrznej złącza [3].

Dodatkowo można oczekiwać negatywnego oddziaływania „zimnej” ściany dowiązującej, chociaż poglądy na ten temat są rozbieżne. Według niektórych autorów ściana wewnętrzna łagodzi znaczniejsze spadki temperatur na

powierzchni wewnętrznej przegrody, wywołując działanie hamujące, wynikające z jej dużej pojemności cieplnej [1].



ZŁĄCZE PIONOWE RAM ŻELBETOWYCH



ZŁĄCZE POZIOME ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ ZE STROPEM

Rys. 1. Złącza w ścianie szczytowej

Inną sprawą wymagającą wyjaśnienia jest zbadanie skuteczności docieplenia omawianego złącza. Zalecane literaturą docieplenie zewnętrzne jest w warunkach praktycznych nieekonomiczne i zastępowane miejscowym dociepleniem wewnętrznym, którego rezultaty są często nieoczekiwanie negatywne [4].

2. OGÓLNA OCENA STANU TECHNICZNEGO ŚCIANY SZCZYTOWEJ I JEJ ZŁĄCZY

W wyniku oględzin budynków i analizy dokumentacji stwierdzono szereg nieprawidłowości występujących w ścianach zewnętrznych szczytowych i niektórych złączach elementów. Do najpoważniejszych wad należą:

- a/ wbudowanie gazobetonu odmiany 08 /840 kg/m³/ zamiast projektowanej odmiany 07,

- b/ występowanie spoin o grubości znacznie przekraczającej normowa grubosc 1,5 cm /4 + 6 cm/,
- c/ spękania tynku w mieszkaniach w narożniku ścian zewnętrznych, w obrysie ram żelbetowych ścian szczytowych,
- d/ zawilgocenie ścian szczytowych w niektórych mieszkaniach na całej powierzchni,
- e/ zawilgocenie ścian w narożnikach i nadprożach spowodowane błędami w rozwiązaniach konstrukcyjnych tych elementów,
- f/ błędy w rozwiązaniach konstrukcyjnych gzymsów, powodujące powstawanie mostków termicznych.

Stwierdzono także błędy w konstrukcji omawianego w dalszej części niniejszego artykułu złącza ściany szczytowej ze ścianą wewnętrzną podłużną. Efektem tego jest zawilgocenie mieszkań w miejscu styku tych dwóch ścian oraz występujące w tym miejscu znaczne straty ciepła.

W rezultacie oględzin należało zaklasyfikować złącze do „słabych” miejsc budynku w zakresie problematyki ciepłno-wilgotnościowej, a przegrodę jako nie spełniającą wymagań normy.

3. BADANIA I ICH WYNIKI

Badania zjawisk cieplnych związanych z przenikaniem ciepła przez złącza przegród budowlanych wykonano za pomocą maszyny cyfrowej. Dla obszarów niejednorodnych /jakimi są złącza i styki budowlane/ istnieje sposób rozwiązania zadań przewodnictwa cieplnego z wykorzystaniem komputera poprzez dyskretyzację obszaru, to znaczy zastąpienie ośrodka ciągłego pewnym zbiorem punktów zwanym siatką i prowadzenie obliczeń metodą różnic skończonych. Zastosowano siatkę kwadratową o oczku $\Delta x = \Delta y = \Delta = 3\text{cm}$. Linie siatki przechodzą przez charakterystyczne punkty złącza. Przy obliczeniu współczynników k pomiędzy poszczególnymi węzłami siatki należy uwzględnić wartości oczka siatki:

$$k = \lambda / \Delta \quad (1)$$

gdzie:

λ - współczynnik przewodzenia ciepła materiału, $\left[\frac{\text{W}}{\text{mk}} \right]$
 Δ - krok /wymiar oczka/ siatki, $\left[\text{m} \right]$

Dla omawianego złącza pionowego napisano program, którego schemat obliczeniowy /rys. 2/ pozwala także na badanie złącza poziomego /rys.1/. Danym x_1, x_2, \dots, x oraz y_1, y_2, \dots, y /rys. 2/ według schematu obliczeniowego można zadawać różne wartości, co pozwala na obliczanie złącza o zmiennej geometrii. Program ukształtowano w taki sposób, aby można było ocenić sposoby ocieplenia złączy.

Istotnym problemem dla uzyskania prawidłowych wyników, poza koniecznością wprowadzenia dokładnych charakterystyk fizycznych i geometrycznych materiałów /ustalenie miarodajnego współczynnika przewodności cieplnej λ dla ściany z bloczków gazobetonowych o gęstości maksymalnej

840 kg/m³ murowanych ze spoinami przekraczającymi 1,5 cm - /średnio 2,5 cm/ $\lambda = 0,44$ W/mk/, jest przyjęcie granic badanego obszaru złącza, a także długości procesu iteracyjnego.

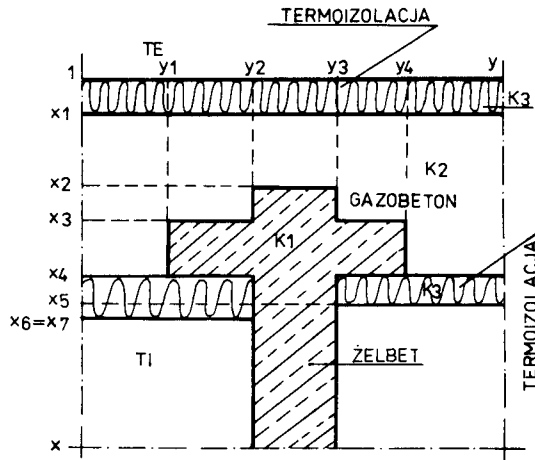
Zgodnie z danymi niemieckimi, granice badanego obszaru odsunięto na odległość co najmniej równą dwóm grubościom przegrody w każdą stronę od konturu złącza. Przyjęto więc:

$$(y_1 - 1) = (y - y_1) \geq 2(x_4 - x_1) \quad (2)$$

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników 200,150,130 i 100 - nej iteracji stwierdzono, że otrzymano dokładność wystarczającą dla celów praktycznych.

Badanie złącza przeprowadzono dla 5 wariantów:

- a/ złącze bez ocieplenia /rys. 3/,
- b/ złącze z ociepleniem symetrycznym na zewnątrz grubości 6 cm /rys. 4/,
- c/ złącze z ociepleniem symetrycznym od wewnątrz grubości 6 cm /rys. 5/,
- d/ złącze z ociepleniem jednostronnie od wewnątrz termoizolacją grubości 6 cm /rys. 6/,
- e/ złącze z ociepleniem jednostronnym od wewnątrz termoizolacją grubości 3 cm /rys. 7/.

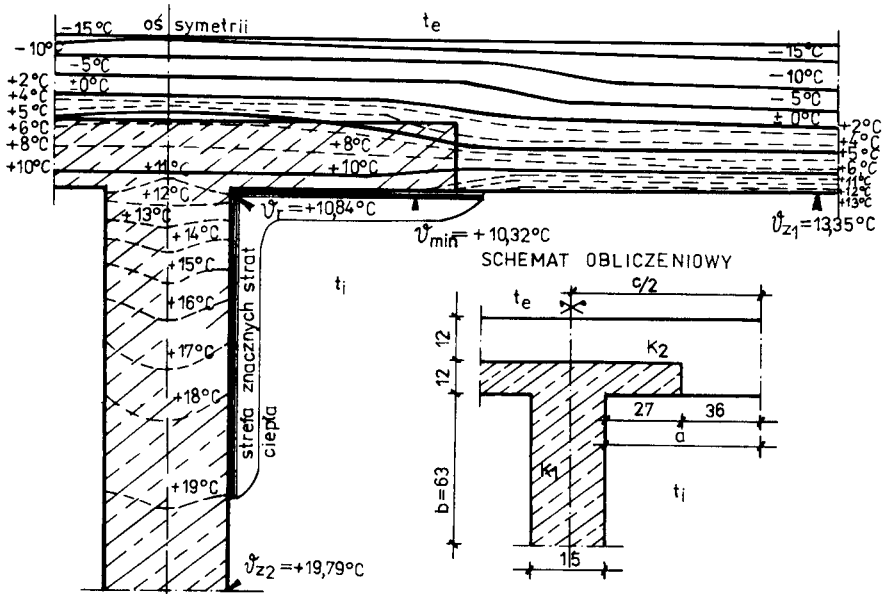


Rys. 2. Schemat obliczeniowy programu „złącze”

Wynikiem obliczeń numerycznych są wykresy izoterm, sporządzone na podstawie wydruków temperatur w każdym punkcie siatki dla poszczególnych wariantów ocieplenia złącza /rys. 4 ÷ 7/ i dla złącza nieocieplonego /rys. 3/.

Rysunki 3 ÷ 7 przedstawiają schematy obliczeniowe złącza w każdym z pięciu wariantów oraz wykresy izoterm dla danego schematu przy założeniu następujących danych:

$k_1 = 1,70 \text{ W/mK}$
 $k_2 = 0,44 \text{ W/mK}$
 $\alpha_e = 20,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\alpha_i = 8,33 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $t_i = +20^\circ\text{C}$
 $t_e = -20^\circ\text{C}$
 ilość iteracji 150
 siatka o oczku $\Delta x = \Delta y = 3 \text{ cm}$



Rys. 3. Izotermy w złączu nieocieplonym

Na wykresie izoterm zaznaczono temperatury minimalne na powierzchni przemyrody.

Przeprowadzono także obliczenie strat ciepła dla złącza nieocieplonego oraz dla złącza ocieplonego od zewnątrz wg wzoru:

$$Q = \Delta U_{sr}^{zł} \cdot \alpha_i \cdot (a + b) \quad (3)$$

gdzie:

Q - straty ciepła w złączu, W/mb
 $\Delta U_{sr}^{zł} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \dots + \Delta U_n$, $^\circ\text{C}$ (4)

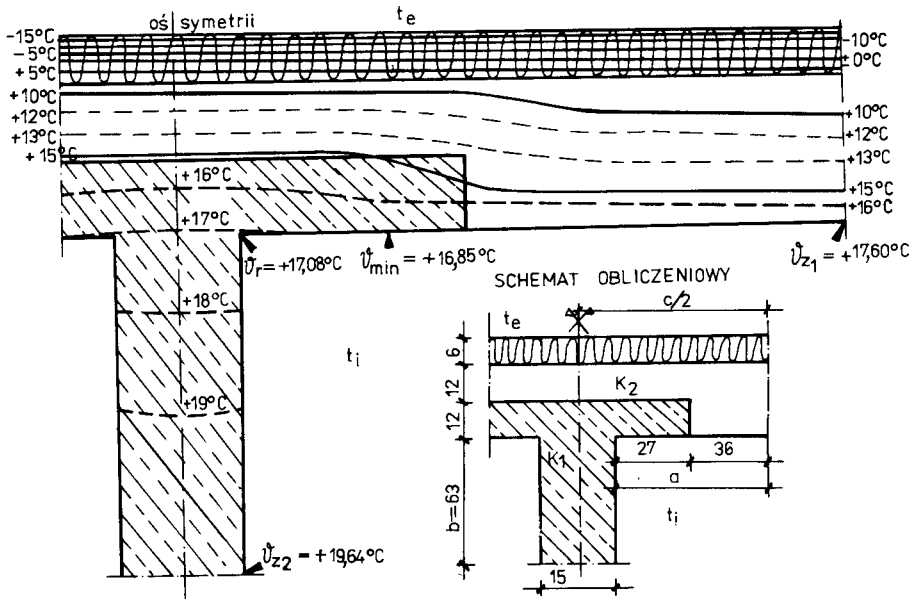
U_n - temperatura w poszczególnych punktach siatki, $^\circ\text{C}$

α_i - współczynnik napływu, $\alpha_i = 8,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

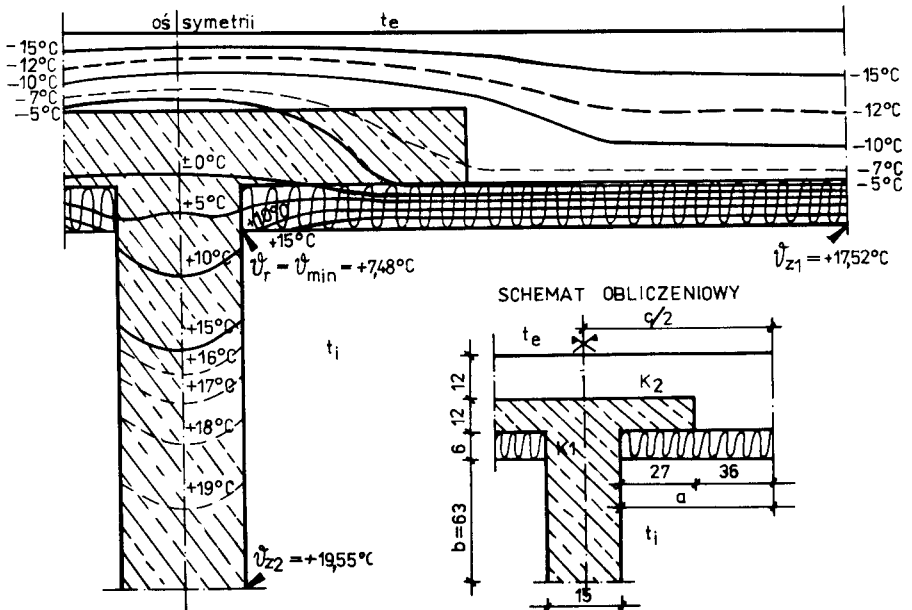
a, b - długości złącza na ścianie zewnętrznej i wewnętrznej, m

Straty ciepła w złączu nieocieplonym:

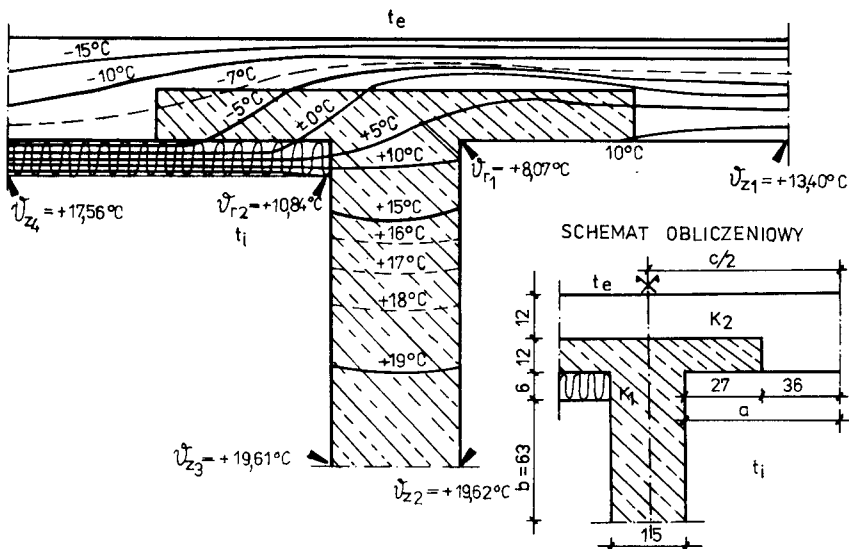
$$Q_n = 4,75 \cdot 8,33 \cdot 0,63 + 0,63 = 99,71 \text{ W/mb}$$



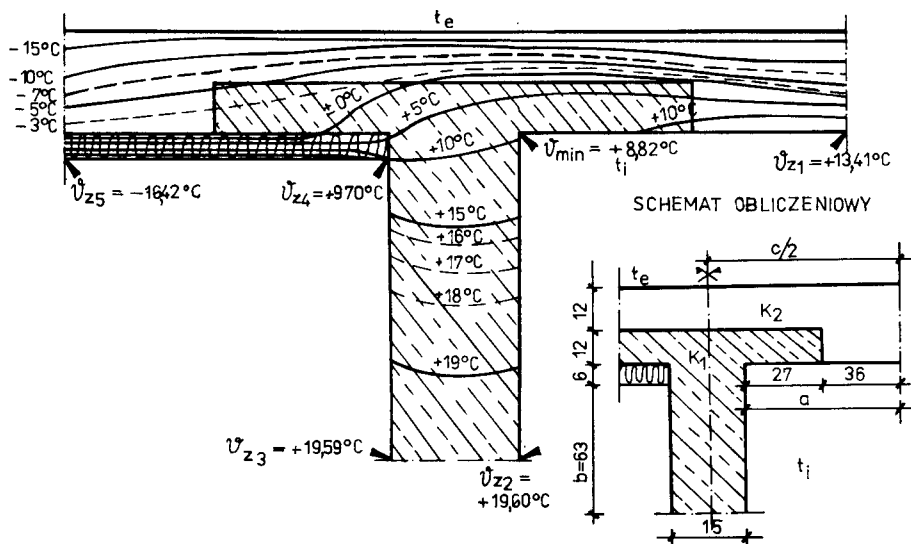
Rys. 4. Izotermi w złączu ocieplonym z zewnątrz



Rys. 5. Izotermi w złączu ocieplonym symetrycznie od wewnątrz



Rys. 6. Izotermi w złączu ocieplonym jednostronnie od wewnątrz termoizolacją grubości 6 cm



Rys. 7. Izotermi w złączu ocieplonym jednostronnie od wewnątrz termoizolacją grubości 3 cm

Straty ciepła w złączu ocieplonym od zewnątrz termoizolacją grubości 6 cm:

$$Q_0 = 1,657 \cdot 8,33 (0,63 + 0,57) = 33,12 \text{ W/mb}$$

4. ANALIZA TERMICZNA

4.1. Ocena przegrody

Badania ścian szczytowych ujawniają szereg nieprawidłowości i niezgodności materiałów wbudowanych z projektowanymi. Negatywne oddziaływanie nadmiernej grubości spoin oraz wbudowanie gazobetonu o gęstości około 840 kg/m^3 powoduje zasadnicze pogorszenie termoizolacyjności przegrody. Relacje są następujące:

dla ściany z bloczków betonu komórkowego na zaprawie cementowo - wapiennej, ze spoinami o grubości nie większej niż 1,5 cm, o gęstości objętościowej w stanie suchym p , kg/m^3 współczynnik przewodności cieplnej λ , W/mK w pomieszczeniu średniowilgotnym wynosi [5] :

$p = 600 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,30 \text{ W/mK}$
$p = 700 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,35 \text{ W/mK}$
$p = 800 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,38 \text{ W/mK}$
$p = 840 \text{ kg/m}^3$	$\lambda = 0,39 \text{ W/mK}$

Wykonanie spoin o grubości przekraczającej 1,5 cm powoduje równomierne powiększenie średniego współczynnika λ ściany następująco: /obliczenia wg [2]/:

p , kg/m^3	Grubość spoin 3,0 cm	Grubość spoin 6,0 cm
600	0,46 W/mK	0,55 W/mK
700	0,49 W/mK	0,57 W/mK
800	0,52 W/mK	0,60 W/mK
840	0,53 W/mK	0,61 W/mK

W projektach założono dla ścian szczytowych odmianę gazobetonu 07 , a więc współczynnik λ w granicach 0,35 W/mK . Tymczasem zastosowano materiał o większej gęstości / 840 kg/m^3 /, co spowodowało podwyższenie λ do 0,39 W/mK czyli o ok. 11%. Nie zachowanie normowej grubości spoin jest groźniejsze. Średnie powiększenie grubości spoin w ścianie do 3,0 cm powoduje dalsze podwyższenie λ gazobetonu do 0,53 W/mK /dalsze 40%/, miejscowo dla spoin gr. 6,0 cm współczynnik podnosi się do 0,6 W/mK /dalsze 23%/. Łącznie niewłaściwa odmiana gazobetonu, nieprawidłowo wbudowana , średnio pogarsza właściwości materiału o 51%, a miejscowo nawet o 74%.

Odpowiednie wartości współczynnika przenikania ciepła ściany wynoszą /uwzględniając tynki/:

$$1/k_1 = 0,12 + 0,05 + 0,24 / 0,53 + 0,04 / 1,0 = 0,66 \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

$$k_1 = 1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1/k_2 = 0,12 + 0,05 + 0,24 / 0,61 + 0,04 / 1,0 = 0,60 \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

$$k_2 = 1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Są to wartości nie do przyjęcia zarówno ze względu na ogólne straty ciepła, jak i możliwość obniżenia się temperatur wewnętrznych na powierzchniach przegród poniżej temperatury dopuszczalnej, wywołującej kondensację wilgoci. Dodatkowo pogarszają stan cieplno-wilgotnościowy ściany jej nieprawidłowo ocieplone bądź skonstruowane złącza i styki. Rama żelbetowa wbudowana w gazobeton została ocieplona tylko na grubości 12 cm zarówno w miejscu słupków, jak i rygla. Wieńce w poziomie stropów ocieplono za ledwie 6 cm grubości płytą gazobetonu.

Zupełnie nieprawidłowo zaprojektowano gzyms prefabrykowany żelbetowy nad ostatnią kondygnacją. Tutaj mamy bezpośredni pomost betonowy, łączący wysięgnik gzymsu z płytą stropową, a więc ciągły mostek termiczny służący jako tunel odprowadzający ciepło z powierzchni styku sufitu ze ścianą.

We wszystkich tych przypadkach temperatury minimalne na powierzchniach wewnętrznych złączy obniżają się poniżej temperatury punktu rosy $t_g = 10,7^\circ\text{C}$ /dla temperatury wewnętrznej $+20^\circ\text{C}$, zewnętrznej -20°C oraz normowej wilgotności powietrza 55%/.

Szczególnie niska okazuje się temperatura w narożniku na powierzchni słupka rama żelbetowej. Kondensacja zwykle rozpoczyna się właśnie w tym miejscu, co potwierdzają liczne obserwacje i jest najbardziej intensywna na ostatniej kondygnacji w styku przestrzennym omawianego narożnika z niewłaściwie ocieplonym gzymsem. Niezależnie od tego, w wyniku pracy konstrukcji ryglowej w miejscach usytuowania rygli, obserwuje się szczeliny pionowe często głęboko penetrujące w materiał ściany z wewnątrz i od zewnątrz. Szczeliny te powiększają się w miarę starzenia się budynku, powodując odpadanie tynków elewacyjnych, a także przecieki wody do wnętrza ściany, dodatkowo ją zawilgacając. Te wszystkie przyczyny składają się na pogłębiającą się korozję ścian szczytowych.

4.2. Ocena złącza

Do analizy termicznej wybrano złącze pionowe omawianej w punkcie 4.1 ściany szczytowej, w miejscu jej styku ze ścianą wewnętrzną żelbetową grubości 14 cm.

Oceny złącza nieocieplanego można dokonać po zestawieniu miarodajnych temperatur na jego powierzchni wewnętrznej w założeniu jedno- i dwuwymiarowego pola temperatur.

Proste obliczenia dają następujące wyniki:

$$\begin{aligned} t_s &= 13,33^\circ\text{C} & \text{dla } k_g &= 1,39 \text{ W/mK} \\ t_A &= 10,59^\circ\text{C} & \text{dla } k_A &= 1,96 \text{ W/mK} \\ t_{\text{Zmin}} &= 10,32^\circ\text{C} \end{aligned}$$

gdzie:

- t_g - temperatura na powierzchni wewnętrznej ściany z bloczków gazobetonowych grubości 24 cm, λ gazobetonu 0,44 W/mK
- t_A - temperatura na powierzchni wewnętrznej ściany dwuwarstwowej w założeniu jednowymiarowego pola temperatur
- t_z - temperatura minimalna na powierzchni wewnętrznej złącza utrzymana w wyniku obliczeń dla dwuwymiarowego pola temperatur

Na powierzchni wewnętrznej złącza ukształtowały się temperatury minimalne $/10,32^{\circ}\text{C}/$ poniżej temperatur oczekiwanych $/\vartheta_A^{\circ}/$. Zgodnie z obowiązującą normą, temperatura punktu rosy t_s dla pomieszczeń mieszkalnych, dla wilgotności względnej powietrza 55% wynosi:

- przy ciśnieniu cząstkowym pary wodnej:

$$p = \varphi \cdot p_s / 100 = 53 \cdot 2340 / 100 = 1287 \text{ Pa}$$

$$t_s = 10,7^{\circ}\text{C}$$

W rezultacie działania złącza na jego powierzchni nastąpi kondensacja pary wodnej przy wilgotności względnej pomieszczeń mieszkalnych ok. 50%. Całkowite straty ciepła złącza wynoszą:

$$Q = 99,71 \text{ W/mb}$$

Porównywalne straty ciepła przez ścianę zewnętrzną poza złączem /na długości ściany $c = 141 \text{ cm}/$ wynoszą:

$$Q_s = \alpha_i \Delta t = 8,33 (20 - 13,33) \cdot 1,41 = 78,34 \text{ W/mb}$$

Otrzymujemy więc znaczny wzrost strat ciepła /o 27,3%/ na dużej powierzchni przegrody zewnętrznej, pogarszający bilans energetyczny pomieszczeń. Złącza należy starannie ocieplić na całej długości.

5. DYSKUSJA SPOSOBÓW DOCIEPLANIA PRZEGRÓD ZE ZŁĄCZEM

W badanym złączu pionowym tylko ocieplenie zewnętrzną warstwą izolacyjną daje wyniki dobre. Ciągłość zewnętrznej izolacji zapewnia osłonę całego złącza przed nadmiernymi stratami ciepła i co najbardziej istotne, powoduje wyrównanie temperatur na powierzchniach wewnętrznych /różnica temperatur powierzchniowych maksymalnych i minimalnych nie przekracza 1°C , stabilizując się na poziomie ok. 17°C , wykluczającym kondensację nawet przy znaczniejszej wilgotności powietrza wewnątrz pomieszczeń /rys. 4//.

Straty ciepła na powierzchni złącza zostają zmniejszone z $99,71 \text{ W/mb}$ do $33,12 \text{ W/mb}$, a więc o 66,8%. Równocześnie, wyrównanie temperatur powoduje ustabilizowanie się strat ciepła w obszarze złącza $/33,12 \text{ W/mb}/$ niewiele niżej niż w porównywalnej powierzchni ocieplonej ściany poza złączem $/F = 0,63 \cdot 2 + 0,15 = 1,41 \text{ m}^2/$ dla k_s :

$$\frac{1}{k_s} = 0,12 + 0,05 + 0,06 / 0,05 + 0,24 / 0,44 = 1,92 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$k_s = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_s = k_s (t_i - t_e) F = 0,52 (20 + 20) 1,41 = 29,33 \text{ W/mb}$$

Różnica w obu przypadkach wynosi zaledwie $33,12 - 29,33 = 3,79 \text{ W/mb}$ $/12,9\%/$. Jest to wynik bardzo dobry z punktu widzenia zasad i zasady budowlanej. Działanie złącza zostało praktycznie zneutralizowane.

Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa, jeżeli zastosujemy jeden z wariantów ocieplenia wewnętrznego symetrycznego lub niesymetrycznego po jednej stronie ściany wewnętrznej podłużnej /rys. 5,6,7/. Ten ostatni sposób ocieplenia, niesymetryczny, jest używany często wtedy, gdy w jed-

nym z pomieszczeń z zawilgoconą ścianą szczytową wykonujemy docieplenie od wewnątrz, nie zmieniając w niczym konstrukcji ścian w pomieszczeniach sąsiednich. We wszystkich przypadkach dociepień wewnętrznych usytuowanych na powierzchni ściany szczytowej wyniki są bardzo negatywne. Nie tylko nie poprawiają stanu pierwotnego, ale geometria ocieplenia wewnętrznego powoduje znaczne obniżenie temperatur krytycznych na powierzchniach wewnętrznych. Zostaną wytworzone swoiste „tunele ciepła” w przedłużeniu ściany wewnętrznej, wyciągające intensywny strumień ciepła na zewnątrz. Temperatura znacznie spada zarówno w styku ścian i izolacji, jak i na pewnym obszarze w sąsiedztwie tych styków. Zawsze jest to spadek istotny, rzędu $2 \frac{1}{2} - 3$ °C, największy w złączu symetrycznym. Zwiększanie grubości termoizolacji niewiele zmienia sytuację. Kondensacja w takich złączach ujawni się dodatkową siłą. Są to więc rozwiązania niedopuszczalne.

6. WNIOSKI

Przedstawione w artykule rezultaty obserwacji i badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Termoizolacyjność zewnętrznych ścian jednomateriałowych z bloczków betonu komórkowego zależy w znacznym stopniu od gęstości stosowanego betonu oraz grubości spoin pomiędzy bloczkami. Nie zachowanie normowej grubości spoin /1,5 cm/ jest przy tym groźniejsze, wywołując w wyniku nadmiernego przepływu ciepła w polu dwuwymiarowym znaczne straty ciepła. Na przykład w ścianie gazobetonowej grubości 24 cm, odmiany 07, powiększenie grubości spoin dwukrotnie /do 3,0 cm/ spowoduje 40% spadek termoizolacyjności przegrody.
2. W badanym złączu pionowym ściany szczytowej, stanowiącym mostek termiczny z izolacją zewnętrzną, dowiązanie do wnętrza ściany betonowej pogarsza sytuację termiczną, powodując:
 - obniżenie minimalnej temperatury na powierzchni wewnętrznej złącza,
 - powiększenie strat ciepłych pomieszczenia poprzez złącze.
3. Skutecznym sposobem docieplenia przegrody z badanym złączem jest zewnętrzna warstwa termoizolacyjna, wyrównująca temperatury powierzchniowe i znacznie obniżająca straty ciepła. Docieplenie od wewnątrz zarówno symetryczne, jak i jednostronne, okazuje się błędem, każdorazowo prowadząc do wyraźnego spadku temperatur minimalnych decydujących o kondensacji /2 - 3°C/.

7. LITERATURA

- [1] Andjulovici A., Georgescu S.: Komfort cieplny w budynkach. Arkady, Warszawa 1971
- [2] Dylla A.: Metoda obliczania strat ciepła przez proste mostki termiczne. Problemy fizyki i ochrony budowli. Prace naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej 7/37. Wrocław 1982
- [3] Dylla A.: Ochrona termiczna niektórych elementów konstrukcyjnych w budownictwie szkieletowym. III Konferencja Naukowa IBL ATR i PZITB. Bydgoszcz 1982
- [4] Płoński W., Pogorzelski J.A.: Fizyka budowli. Arkady, Warszawa 1979
- [5] PN-82/B-02020

HEAT ANALYSIS OF WALLS AND JOINTS OF SOME SELECTED BUILDINGS IN
HOUSING ESTATE BŁONIE IN BYDGOSZCZ

Summary

The paper presents the results of a heat analysis in plane joints of different building screens. An analysis of a number of cases enables making some generalization useful for constructing joints as regards heat-humidity problems.

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ СТЫКОВ РАЗЛИЧНЫХ ЖИЛЫХ
ЗДАНИЙ РАЙОНА БЛОНЕ В ГОРОДЕ БЫДГОЩ

Резюме

В статье представлены результаты термического анализа двухмерных разных стыков ограждающих конструкции избранных жилых зданий. Анализ ряда примеров разрешает обобщения подчас конструирования стыков в проектной практике в связи с проблемами тепловлажности.

Julita Rojek
Barbara Zajac

STRUKTURA PRODUKCJI KRUSZYW NATURALNYCH

W artykule przedstawiono strukturę produkcji kruszywa naturalnego produkowanego przez Bydgoskie Zakłady Eksploatacji Kruszywa w Bydgoszczy /BZEK/. Analizą objęto produkcję dziesięciu zakładów podległych BZEK, w ciągu sześciu lat. Celem analizy było ustalenie średniego, rocznego udziału piasków odpadowych w produkcji kruszyw poszczególnych zakładów, a także udziału pozostałych asortymentów kruszyw w wykonywanej produkcji BZEK. Strukturę produkcji kruszywa regionu bydgoskiego odniesiono do średniej produkcji krajowej.

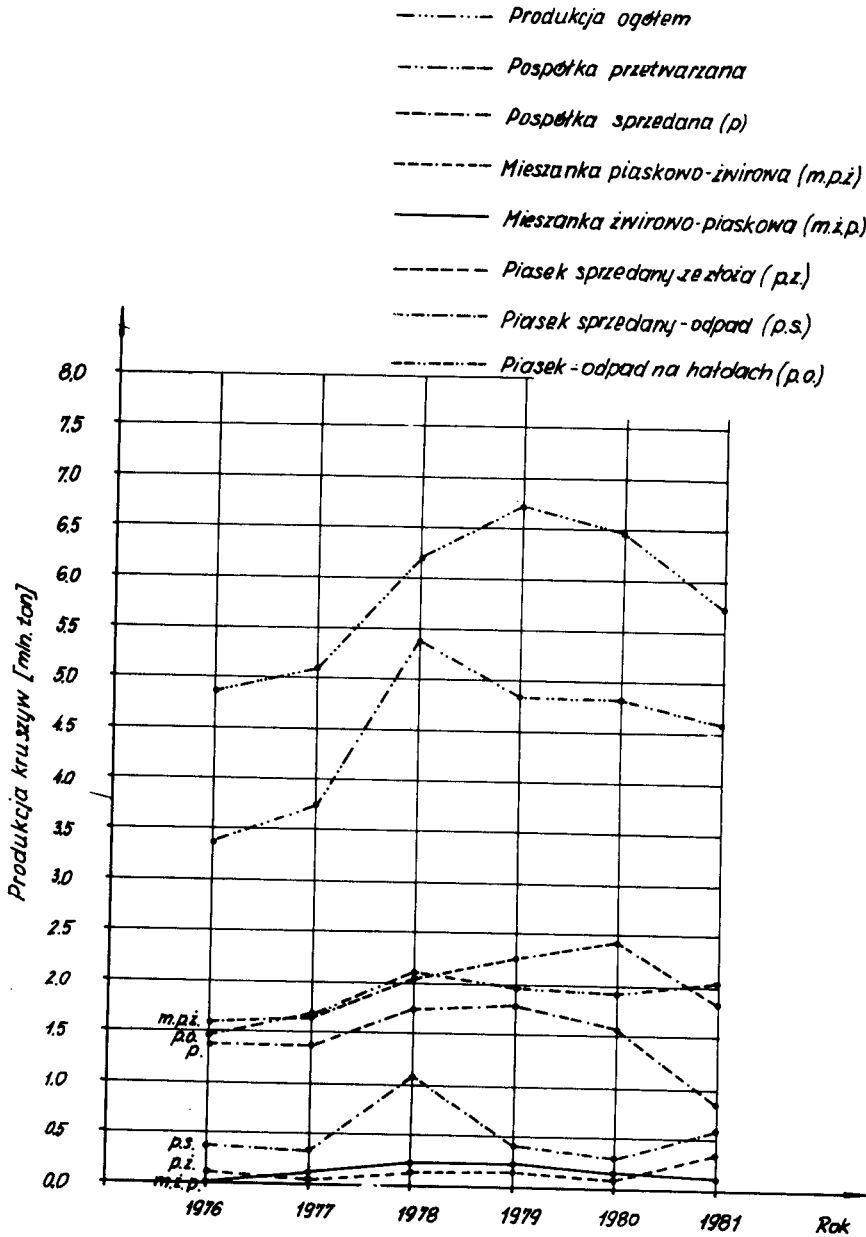
1. WSTĘP

W regionie bydgoskim, podobnie jak w innych regionach kraju, istnieje deficyt kruszyw naturalnych do betonów zwykłych o składzie granulometrycznym odpowiadającym wymaganiom normowym. Pospółki kopalne, stanowiące podstawowy surowiec do produkcji betonów, w stanie naturalnym nie nadają się do stosowania ze względu na: niekorzystne uziarnienie, wysoki punkt piaskowy, znaczne zanieczyszczenie i niejednorodność. W związku z tym poddawane są zabiegom uszlachetniania, których efektem są mieszanki żwirowo-piaskowe /0 + 20 mm/, piaskowo-żwirowe /1,25 + 20 mm/ i piaski odpadowe /0 + 2 mm/. Część piasku jest sprzedawana, niewielka część hydroklasyfikowana czyli rozdzielana na frakcje 0,08 + 0,25 mm; 0,25 + 0,50 mm; 0,50 + 2,0 mm, a pozostała jest składowana na hałdach.

Skład granulometryczny poszczególnych asortymentów produkowanych przez Bydgoskie Zakłady Eksploatacji Kruszyw /BZEK/ w Bydgoszczy przedstawiono w artykule [5], natomiast treścią niniejszej publikacji jest ich ilościowy udział w produkcji globalnej kruszyw regionu bydgoskiego.

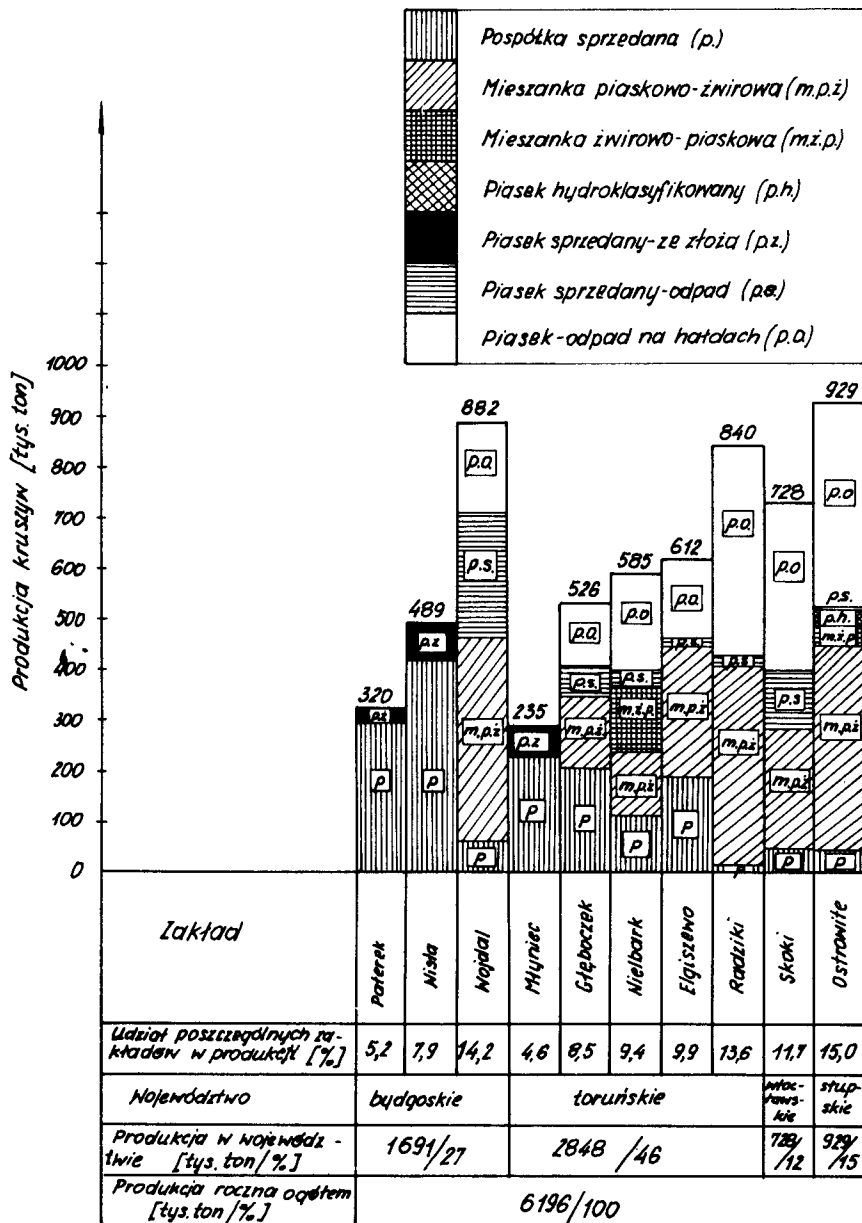
2. ANALIZA PRODUKCJI KRUSZYW

W oparciu o dane uzyskane w BZEK przeanalizowano produkcję kruszyw naturalnych w okresie od 1976 do 1981 roku. Globalną produkcję ilustruje rys. 1. Z rysunku tego wynika, że produkcja ogólna kruszyw rosła do 1979 roku, osiągając w tym roku maksimum, po czym zaczęła spadać. Produkcja mieszanki piaskowo-żwirowej wykazywała podobną tendencję. Produkcja mieszanki żwirowo-piaskowej oraz udział piasku gromadzonego na hałdach utrzymywały się przez cały analizowany okres mniej więcej na stałym poziomie.



Rys. 1. Produkcja kruszyw w latach 1976 + 1981

Produkcja kruszyw w 1976 roku znacznie odbiega od produkcji w latach następnych, zatem przy analizie struktury produkcji rocznej w poszczególnych latach /tabela 1, rys. 2/ przyjęto średnią wartość produkcji w latach 1977 + 1981, w rozbięciu na dziesięć zakładów i na województwa.



Rys. 2. Średnia roczna produkcja kruszyw w rozbięciu na województwa

Przeciętna produkcja roczna kruszyw naturalnych w zakładach podległych

L.p.	Kruszywo Zakład		Wydobycie		Pospółka sprzedana
			Pospółka	Piasek	
			$\frac{[\text{tys. ton}]}{[\%]}$	$\frac{[\text{tys. ton}]}{[\%]}$	$\frac{[\text{tys. ton}]}{[\%]}$
1	2	3	4	5	6
1	Paterek	1)	293	27	293
2	Wisła	1)	414	75	414
3	Wojdał		882	—	59
			100	—	6,7
4	Młyniec	1)	228	57	228
5	Głęboczek		526	201	325
			100	38,2	100 (61,8)
6	Nielbark		585	—	110
			100	—	18,8
7	Elgiszewo		612	—	186
			100	—	30,4
8	Radziki		840	—	11
			100	—	1,3
9	Skoki		728	—	42
			100	—	5,8
10	Ostrowite		929	—	41
			100	—	4,4
11	Średnia produkcja roczna w odniesieniu do pospółki wydobytej (bez trzech zakładów) 1)		5102	—	650
			100	—	12,7
12	Średnia produkcja roczna w odniesieniu do pospółki przetwarzanej		—	—	—
			—	—	—
13	Średnia produkcja roczna - wydobycie materiałów nieprzetwarzanych 1)		935	159	935
			1094		
14	Średnia produkcja roczna dla całkowitego wydobycia		6196		1585
			100		25,6

1) Zakłady nie uszlachetniające kruszyw

Uwaga: Wielkości nad kreską - średnia produkcja roczna w tys. ton

Wielkości pod kreską - procentowy udział produkcji: bez nawiasu przetwarzanej.

1/ Zakłady nie uszlachetniające kruszyw

Uwaga! Wielkości nad kreską - średnia produkcja roczna w tys. ton

Wielkości pod kreską - procentowy udział produkcji: bez nawiasu w odniesieniu do pospółki wydobytej, w nawiasie w odniesieniu do pospółki przetwarzanej

BZEK w Bydgoszczy w latach 1976 ÷ 1981.

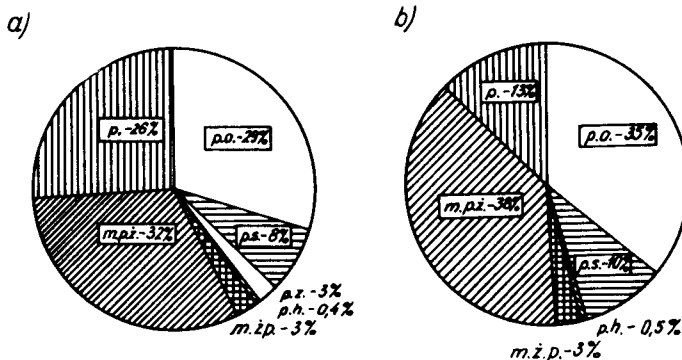
Tablica 1

Pospółka przetwarzana	Mieszanka piaskowo- żwirowa	Mieszanka żwirowo - piaskowa	Piasek			
			hydroklasty- fikowany	sprzedany		odpad na hałdach
				ze złoża	odpad	
[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]	[tys. ton] [%]
7	8	9	10	11	12	13
—	—	—	—	27	—	—
—	—	—	—	75	—	—
<u>823</u> 100 (93,3)	<u>400</u> 48,6 (45,4)	— —	— —	— —	<u>248</u> 30,1 (28,1)	<u>175</u> 21,3 (19,8)
—	—	—	—	57	—	—
<u>143</u> 44,0 (27,2)	— —	— —	— —	— —	<u>60</u> 18,5 (11,4)	<u>122</u> 27,5 (23,2)
<u>475</u> 100 (81,2)	<u>125</u> 26,3 (21,4)	<u>133</u> 28,0 (22,7)	— —	— —	<u>31</u> 6,5 (5,3)	<u>186</u> 39,2 (31,8)
<u>426</u> 100 (69,6)	<u>255</u> 59,8 (41,7)	— —	— —	— —	<u>12</u> 2,8 (2,0)	<u>159</u> 37,3 (26,0)
<u>829</u> 100 (98,7)	<u>394</u> 47,5 (46,9)	— —	— —	— —	<u>18</u> 2,2 (2,1)	<u>417</u> 50,3 (49,6)
<u>686</u> 100 (94,2)	<u>238</u> 34,7 (32,7)	— —	— —	— —	<u>117</u> 17,1 (16,1)	<u>331</u> 48,2 (45,5)
<u>888</u> 100 (95,6)	<u>405</u> 45,6 (43,6)	<u>40</u> 4,5 (4,3)	<u>23</u> 0,5 (0,5)	— —	<u>6</u> 0,7 (0,6)	<u>414</u> 46,6 (44,6)
<u>4452</u> 87,3	<u>1960</u> 38,4	<u>173</u> 3,4	<u>23</u> 0,5	— —	<u>492</u> 9,6	<u>1804</u> 35,4
<u>4452</u> 100	<u>1960</u> 44,0	<u>173</u> 3,9	<u>23</u> 0,5	— —	<u>492</u> 11,2	<u>1804</u> 40,5
—	—	—	—	159	—	—
<u>4452</u> 71,8	<u>1960</u> 31,6	<u>173</u> 2,8	<u>23</u> 0,4	<u>159</u> 2,6	<u>492</u> 7,9	<u>1804</u> 29,1

w odniesieniu do pospółki wydobytej, w nawiasie w odniesieniu do pospółki

Analizując poszczególne zakłady stwierdza się, że największe ilości kruszywa produkuje zakład w Ostrowitym - 0,929 mln ton rocznie, zaś najmniejsze w Młynicy - 0,228 mln ton rocznie. Średni roczny procentowy udział poszczególnych asortymentów kruszyw /rys. 3a/ przedstawia się następująco - na 6,20 mln ton wydobywanego kruszywa:

- około 25,6% sprzedaje się jako pospółkę nienormowaną /p/,
- około 31,6% - mieszanka piaskowo-żwirowa /m.p.ż./,
- około 2,8% - mieszanka żwirowo-piaskowa /m.ż.p./,
- około 40,0% - piasek, a w tym:
 - około 0,4% - piasek hydroklasyfikowany /p.h./,
 - około 7,9% - piasek sprzedany jako odpad /p.s./,
 - około 2,6% - piasek ze złoża /p.z./,
 - około 29,1% - piasek niezbywalny - odpadowy /p.o./.



Rys. 3. Średnia roczna struktura produkcji kruszywa
a/ dla dziesięciu zakładów BZEK
b/ dla siedmiu zakładów BZEK

Natomiast średnio rocznie w wybranych siedmiu zakładach w latach 1977 ÷ ÷ 1981 zabiegom uszlachetniania podawano 4,452 mln ton pospółki nienormowanej /tabela 1, rys. 3b/. Efektem tego jest następująca struktura produkcji:

- 44,0% - mieszanka piaskowo-żwirowa /m.p.ż./,
- 3,9% - mieszanka żwirowo-piaskowa /m.ż.p./,
- 52,1% - piasek, a w tym:
 - 0,5% - piasek hydroklasyfikowany /p.h./,
 - 11,1% - piasek sprzedany jako odpad /p.s./,
 - 40,5% - piasek odpadowy na hałdach /p.o./.

Skrajne wielkości przeciętnych produkcji rocznych kruszyw uszlachetnianych w zakładach podlegających BZEK w Bydgoszczy wynoszą:

- w zakresie mieszanki piaskowo-żwirowej
 - maksymalną ilość, 400 tys. ton, produkuje Wojdał,
 - minimalną ilość, 193 tys. ton - Głębocek,
- w zakresie mieszanki żwirowo-piaskowej
 - maksymalną ilość, 133 tys. ton, produkuje Nielbark,
 - minimalną ilość, 40 tys. ton - Ostrowite,
- w zakresie piasku hydroklasyfikowanego w ilości 23 tys. ton, produkuje zakład w Ostrowitem.

Największym producentem piasku odpadowego jest zakład w Radzikach, gdzie rocznie na hałdach odkłada się go w ilości 417 tys. ton.

Strukturę produkcji kruszywa przetwarzanego w poszczególnych latach przedstawiono w tabeli 2, z której wynika, że:

- piasek odpadowy składowany na hałdach w siedmiu zakładach BZEK stanowi od 20 ÷ 50% produkcji rocznej pospółki przetwarzanej,
- roczna produkcja piasku odpadowego w 1976 roku wynosiła około 1,4 mln ton, a w 1980 roku przeszło 2 mln ton,
- w ciągu zaledwie pięciu lat ilość piasku na hałdach wzrosła o 11 mln ton.

T a b e l a 2

Udział produkcji poszczególnych rodzajów kruszywa w pospółce przetwarzanej w BZEK w Bydgoszczy w rozbiciu na lata

[tys. ton/%]

Lp.	Rok		1976	1977	1978	1979	1980	1981
	Kruszywo							
1	Pospółka przetwarzana /7 zakładów/		3386 100	3728 100	5387 100	4812 100	4828 100	4567 100
2	Mieszanka piaskowo- - żwirowa		1581 46,7	1634 43,8	2060 38,2	2254 46,8	2427 50,3	1821 39,9
3	Mieszanka żwirowo- -piaskowa		- -	107 2,9	201 3,7	236 4,9	197 4,1	125 2,7
4	P i a s e k	hydroklasyfiko- wany	- 0	10 0,3	48 0,9	30 0,6	3 0	25 0,5
5		sprzedany odpad	350 10,3	335 9,0	1069 19,8	347 7,2	285 5,9	565 12,4
6		odpadowy na hałdach	1455 43,0	1642 44,0	2009 37,3	1945 40,4	1916 39,7	2031 44,5
7		razem	1805 53,3	1977 53,3	3126 58,0	2323 48,2	2194 45,6	2621 57,4

3. WNIOSKI KOŃCOWE

1. W świetle badań produkcji kruszyw uszlachetnionych w BZEK w Bydgoszczy stwierdzono, że w procesie przetwarzania wydobywanej pospółki uzyskuje się tylko 44% mieszanki piaskowo-żwirowej i 4% mieszanki żwirowo-piaskowej podstawowych kruszyw stosowanych do betonów zwykłych. Pozostałe 52% stanowią piaski, z których niewielka część tj. 11% jest zbywana,

0,5% jest poddawana zabiegom hydroklasyfikacji, a reszta - 40,5% jest gromadzona na hałdach jako kruszywo aktualnie niezbywalne. Oznacza to, że rocznie z 4,5 mln ton pospółki nienormowanej produkuje się 2,0 mln ton rocznie mieszanki piaskowo-żwirowej i 0,2 mln ton mieszanki żwirowo-piaskowej oraz 2,3 mln ton piasku - z tego około 1,8 mln ton jako piasek odpadowy gromadzi się na hałdach, a 0,02 mln ton stanowi piasek hydroklasyfikowany.

2. Struktura produkcji kruszyw naturalnych regionu bydgoskiego znacznie różni się od średniej produkcji krajowej. Udział mieszanki żwirowo - piaskowej w produkcji BZEK jest około dziesięciokrotnie mniejszy, mieszanki piaskowo-żwirowej podobny, a produkcja zarówno piasku, jak i pospółki jest o 25% większa w stosunku do średniej krajowej [1, 2]. Mały udział mieszanki żwirowo-piaskowej spowodowany jest dużą zawartością frakcji piaskowych w pospółkach kopalnych regionu bydgoskiego $P_p = 66\%$ [5]/.
3. Niewystarczająca podaż drobnego kruszywa do betonów zwykłych oraz duży udział piasków i pospółek w ogólnej produkcji regionu bydgoskiego, zmusza przemysł budowlany do stosowania tych kruszyw. Niska jakość kruszywa jest równoważona zwiększonym zużyciem cementu, ponieważ zgodnie z [3], na każdy 1% podwyższonego punktu piaskowego ponad wartość normową przypada 1%-owy wzrost zużycia cementu. W odniesieniu do najczęściej stosowanej klasy betonu B20 wzrost ten wynosi około 80 kg/m^3 mieszanki betonowej, a więc z 327 kg/m^3 na 407 kg/m^3 .
4. Bezpośrednie zastosowanie piasku odpadowego $10 \pm 2 \text{ mm}$ jako kruszywa do betonów konstrukcyjnych wymaga dużego zużycia bardzo dużej ilości cementu /powyżej 500 kg/m^3 / i stosowania specjalnych drogich zabiegów technologicznych. Piaski te należy więc utylizować poprzez:
 - wzbogacanie piasków odpadowych $10 \pm 20\%$ -owym dodatkiem frakcji $2 \div 4 \text{ mm}$ i $4 \div 8 \text{ mm}$ [1],
 - dostosowanie dotychczasowych metod produkcji uprzemysłowionej do właściwości kruszywa piaskowego, np. intensyfikacja procesów mieszania, zagęszczania, wprowadzanie domieszek i dodatków itp.
5. W celu ograniczenia niekontrolowanego, przypadkowego stosowania kruszyw o gorszych właściwościach, tj. pospółek i piasków, istnieje konieczność programowania wyboru klas betonu i asortymentu wyrobów betonowych produkowanych na bazie tych kruszyw.

4. LITERATURA

- [1] Grzelczak E.: Problematyka przemysłu kruszyw budowlanych. Przegląd Budowlany 1984, nr 6
- [2] Leopold I.: Problem obniżenia zużycia cementu w świetle programów oszczędnościowych przedsiębiorstw branży betonów. Cement-Wapno-Gips 1983, nr 10-11
- [3] Słoniewski A.: Możliwości obniżenia zużycia stali i cementu w produkcji prefabrykatów dla budownictwa mieszkaniowego. Przegląd Budowlany 1983, nr 12

- [4] Świadectwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie piaskobetonu nr 466/83. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1983
- [5] Zajac D., Rojek J.: Skład granulometryczny kruszyw produkowanych przez BZEK w Bydgoszczy. Konferencja Naukowa. Konstrukcje szkieletowe w budownictwie mieszkim i przemysłowym, Bydgoszcz 1982

STRUCTURE OF NATURAL AGGREGATES PRODUCTION

Summary

The paper presents a structure of natural aggregates which are produced by the Industrial Works of Aggregates Utilization in Bydgoszcz. An analysis was performed for the production of ten industrial works during six years. The purpose of the analysis was to estimate an average yearly share of waste sands in aggregates production for particular works, as well as the share of other kinds of aggregates in the production. The natural aggregates production in the Bydgoszcz Region was compared with an average production in Poland.

СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА ПРИРОДНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Резюме

В статье представлена структура производства природного заполнителя изготовляемого Быдгоскими Предприятиями Эксплуатации Заполнителя в Быдгоще /БПЭЗ/. Анализ охватил производство десяти предприятий подведомственных БПЭЗ, в течение шести лет. Целью анализа было установить среднегодовую долю отходных песков в производстве заполнителей отдельных предприятий, а также участие остальных ассортиментов заполнителей в изготовляемом производстве БПЭЗ. Структура производства заполнителя быдгоской области до среднего производства в масштабах страны.

Maciej Kordian Kumor
Eugeniusz Wojciechowski

WŁAŚCIWOŚCI GEOTECHNICZNE STREFY PRZYPOWIERZCHNIOWEJ IŁÓW PLIOCEŃSKICH W BYDGOSZCZY

W pracy przeanalizowano parametry i cechy geotechniczne podłoża plioceńskiego dla obszarów występowania iłu w Bydgoszczy. Ustalono, że zasięg strefy aktywnej dla iłu bydgoskiego wynosi 3,5 m poniżej powierzchni terenu. Analiza statystyczna 406 prób wykazała obniżenie wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności w strefie aktywnej w porównaniu do niżej leżących warstw i przyjmowanych z zależności korelacyjnych Polskiej Normy.

1. WSTĘP

Podłoże plioceńskie miasta Bydgoszczy od wielu już lat przysparza kłopotów w eksploatacji obiektów budowlanych, które posadowiono w stropowej warstwie iłu trzeciorzędowego. Liczne przypadki awarii budynków mieszkalnych notuje się od początków tego wieku. Wiązą się one przede wszystkim ze specyficznymi właściwościami i zaburzeniami głacitektonicznymi iłów zalegających w podłożu budowlanym oraz jakże często, z rozwiązaniem posadowienia i eksploatacją [2], [5], [8], [9].

Przeprowadzone dotychczas badania nad ustaleniem przyczyn powstawania awarii budynków i usuwaniem ich skutków na Bielawkach, wykonywane były w latach pięćdziesiątych [11] oraz sześćdziesiątych przez IBW PAN z Gdańska [6], [7], [10], [13]. Wymieniają one, jako główne czynniki powodujące awarie konstrukcji, właściwości geotechniczne iłu /ekspansywność/, zwracając szczególną uwagę na powiązanie ich z czynnikami klimatycznymi oraz głębokością. W badaniach poligonowych [6], [8], [13] mierzono zmiany objętości iłu w dzielnicy Bielawy do głębokości ok. 3,0 m poniżej powierzchni terenu. Ekstrapolując otrzymane wyniki zmian objętościowych iłu pod wpływem czynników klimatycznych, uzyskano głębokość zalegania spągu tzw. „strefy aktywnej”, wynoszącą około 3,2 m.

Obserwowane w Bydgoszczy zjawisko nie jest ewenementem. Podobne w charakterze przypadki zmian właściwości ekspansywnego podłoża budowlanego odnotowane zostały w wielu krajach. Badania kanadyjskie [3] wykazały np. że strefa aktywna może sięgać do głębokości 4,5 m. Opisywane w literaturze technicznej podobne przypadki awarii [12] dotyczyły także budynków posadowionych w strefie aktywnej iłów ekspansywnych.

Obecny stan budynków w Bydgoszczy wskazuje, że stopień rozpoznania właściwości iłu plioceńskiego nie jest wystarczający. Należy nadmienić, że

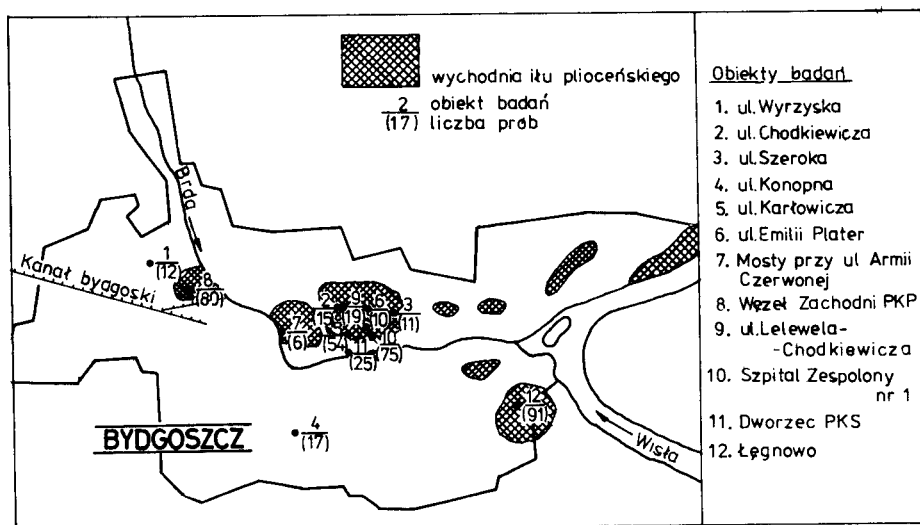
awariom ulegają również budynki nowo projektowane i wykonane zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami, instrukcjami i przepisami budowlanymi [8].

Wyniki dotychczasowych badań podłoża plicieńskiego wskazują jedynie na niektóre różnice właściwości geotechnicznych szacowanych jakościowo. Nie precyzują one jednak ważnego przy projektowaniu budowli ilościowego charakteru tych zmian /w tym: orientacyjnych przedziałów zmienności, wartości charakterystycznych/. Z kolei, cytowane w literaturze dane podają korzystne wartości parametrów geotechnicznych iłu bydgoskiego [1]. Dotyczą one jednak najczęściej punktów badawczych o stosunkowo mało licznej próbie.

W pracy przedstawiono uśrednione wartości parametrów geotechnicznych iłu bydgoskiego dla ustalonych przykładowo stref /w tym „strefy aktywnej”/. Analizę statystyczną przeprowadzono dla zasadniczych obszarów występowania iłu na terenie miasta Bydgoszczy. Prezentowane wyniki mogą być przydatne w ustalaniu zależności korelacyjnych, uwzględniających specyficzny charakter iłu bydgoskiego.

2. LOKALIZACJA OBSZARÓW BADAWCZYCH I PRZYJĘTE WARSTWY ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI

Do rozważań wzięto pod uwagę 12 obszarów reprezentujących głównie miejsca występowania iłu plicieńskiego na terenie Bydgoszczy, ważnych pod względem budowlanym. Występowanie wychodnych iłu bydgoskiego przedstawiono schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych

Jednocześnie naniesiono lokalizację punktów badawczych z podaniem nazwy ulic i liczbą prób pobranych z danego obiektu.

Łącznie do analizy uzyskano $N = 406$ wyników badania iżu, które scharakteryzowano:

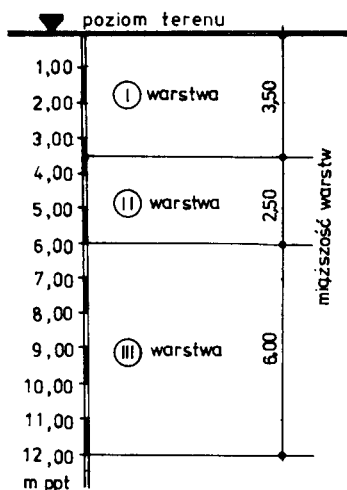
- głębokością występowania - h
- zawartością frakcji iłowej - f_i
- wskaźnikiem plastyczności - I_p
- stopniem plastyczności - I_L
- gęstością objętościową - ρ
- spójnością - c_u
- kątem tarcia wewnętrznego - ϕ_u

Biorąc pod uwagę ustaloną miąższość „strefy aktywnej” iżu bydgoskiego [6], [13] wynoszącą 3,2 metra oraz przeprowadzoną wstępną analizę wyników, drogą kolejnych prób i przybliżeń [14] dokonano przykładowego podziału podłoża pliczeńskiego w Bydgoszczy na następujące warstwy:

- I warstwa, od powierzchni terenu do głębokości 3,5 m, /strefa aktywna/,
- II warstwa, od 3,5 m do 6,0 m,
- III warstwa, od 6,0 m do 12,0 m i głębiej.

Pierwsza warstwa odpowiada w przybliżeniu „strefie aktywnej” [6], [13]. Ponadto, jest to warstwa, w której najczęściej projektuje się płytkie posadowienia bezpośrednie budynków mieszkalnych i obiektów inżynierskich.

Na rysunku 2 przedstawiono schematyczny podział iżu bydgoskiego na poszczególne warstwy.



Rys. 2. Schematyczny podział iżu pliczeńskiego na warstwy

3. ZESTAWIENIE WYNIKÓW I ICH ANALIZA

Wielkości statystyczne cech i parametrów geotechnicznych iłu płoceńskiego z Bydgoszczy dla poszczególnych warstw zestawiono w tabeli 1 i 2.

Przedstawione dane obejmują:

- zawartość frakcji ilowej - f_i /%/
- wskaźnik plastyczności - I_p /%/
- stopień plastyczności - I_L /1/
- gęstość objętościową - ρ / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ /
- spójność - c_u /kPa/
- kąt tarcia wewnętrznego - ϕ_u / $^\circ$ /

T a b e l a 1

Zestawienie wielkości statystycznych dla cech i parametrów geotechnicznych iłu z Bydgoszczy

Cecha, parametr geotechniczny	Numer warstwy	N	\bar{X}	S_x	ψ	X_{\min}	X_{\max}	R
f_i - /%/	I	198	47,94	8,54	0,18	25,0	70,0	45,0
	II	111	50,28	8,62	0,17	35,0	73,0	38,0
	III	97	50,39	10,98	0,22	30,0	76,0	46,0
I_p - /%/	I	198	57,46	14,40	0,25	11,2	94,2	83,0
	II	111	58,60	12,58	0,21	12,4	84,5	72,1
	III	97	59,82	13,02	0,22	30,1	92,7	62,6
I_L - /1/	I	198	0,093	0,060	0,65	-0,160	0,240	0,40
	II	111	0,105	0,068	0,65	-0,140	0,280	0,42
	III	97	0,122	0,067	0,55	-0,170	0,280	0,45
ρ - / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ /	I	198	1885	388	0,21	1720	2340	620
	II	111	1952	119	0,06	1710	2200	490
	III	97	1962	113	0,06	1710	2190	480
c_u - /kPa/	I	198	42,3	18,1	0,42	15	115	100
	II	111	51,3	26,8	0,52	15	137	122
	III	97	59,8	26,2	0,44	25	144	119
ϕ_u - / $^\circ$ /	I	198	8,09	5,35	0,66	0	25	25
	II	111	9,31	4,36	0,47	1	23	22
	III	97	11,11	2,66	0,24	3	30	27

Dla prezentowanych cech i parametrów geotechnicznych iłu dokonano analizy statystycznej, ustalając w każdej wydzielonej warstwie następujące parametry statystyczne:

- wartość średnią - \bar{X}
- odchylenie standardowe - S_x
- współczynnik zmienności - ψ

- wartość minimalną - X_{\min}
- wartość maksymalną - X_{\max}
- rozstęp - R

Wyniki obliczeń i wartości parametrów statystycznych zestawiono w tabeli 1.

Z przedstawionych w tabeli 1 danych wynika, że łąki płocięńskie podłoża budowlanego z Bydgoszczy wykazują różnice w wartościach parametrów geotechnicznych dla poszczególnych, ustalonych warstw. Dotyczy to w szczególności kąta tarcia wewnętrznego i spójności. Łąki zalegające w I warstwie /strefie aktywnej/ do głębokości 3,5 m poniżej poziomu terenu charakteryzują się niższymi średnimi wartościami c_u i ϕ_u niż warstwy niżej leżące II i III.

Wartość c_u i ϕ_u są wyraźnie niższe niż zalecane przez obowiązujące normy /np. wg PN-81/B-03020 dla $I_L = 0,09$, $\phi_u^{(n)} = 11,7^\circ$; $C_u = 55$ kPa, podczas gdy otrzymane z analizy statystycznej wynoszą ok. $\phi_u = 8,0^\circ$, $c_u = 42,3$ kPa/. Zwraca uwagę nadto bardzo wysoka wartość współczynnika zmienności, jaką wyliczono dla c_u i ϕ_u w pierwszej oraz dla pozostałych warstw. Świadczy to o znacznym rozrzucie uzyskiwanych wyników badań wokół wartości średniej, niejednokrotnie podkreślanej we wcześniejszych opracowaniach [9], [11]. Uzyskano stosunkowo wysokie wartości maksymalne spójności oraz kąta tarcia wewnętrznego dla poszczególnych warstw /np. $\phi_u = 30^\circ$ i $c_u = 144$ kPa, co jak dla łąki nie jest często spotykane/.

Zawartości frakcji łąkowej zasadniczo nie zmienia się w poszczególnych warstwach, podobnie jak i wskaźnik plastyczności. Wartości są jednak nieco niższe od podawanych w literaturze dla łąki z Bydgoszczy [1].

Bliskie ogólnie przyjętym, otrzymano wyniki średniej gęstości objętościowej łąki w poszczególnych warstwach. Współczynnik zmienności gęstości objętościowej w I warstwie / $\mathcal{V} = 0,21$ / jest wyraźnie wyższy od pozostałych warstw / $\mathcal{V} = 0,06$ /.

Stopień plastyczności z punktu widzenia praktycznego nie wykazuje bardziej istotnych różnic w poszczególnych warstwach, jednakże z tendencją wzrostu z głębokością. Wartości stopnia plastyczności w warstwie I mieszczą się w przedziale dla stanu twaroplastycznego / $I_L \max < 0,25$ /, podczas gdy w II i III warstwie może osiągać stan plastyczny / $I_{L\max} = 0,280$ /.

W przedstawionych danych zauważyć można, że warstwa II wykazuje wartości parametrów pośrednie między I i III, z kolei dla warstwy III wyniki bliskie są wartościom charakterystycznym, podawanym w Normie [4].

4. ZAKOŃCZENIE

Na podstawie przedstawionych wyników analizy statystycznej cech i parametrów geotechnicznych łąki bydgoskiej można zauważyć, że:

- parametry c_u i ϕ_u najmniej korzystnie kształtują się w I warstwie - „strefie aktywnej” /ustalonej do głębokości 3,5 m poniżej powierzchni terenu/, w porównaniu do pozostałych warstw II i III.

- Druga warstwa - przejściowa - scharakteryzowana została pośrednimi wartościami parametrów między „strefą aktywną” a trzecią warstwą - „niezaburzoną”, zalegającą od głębokości 6,0 m. Jest więc zasadnym przyjęcie strefy aktywnej do głębokości 3,5 m poniżej powierzchni terenu dla iłu bydgoskiego określonej we wcześniejszych badaniach [6], [13];
- „strefa aktywna” wykazuje niższe wartości c_u i ϕ_u od podawanych w Normie dla iłów o danym stopniu plastyczności. Można przyjąć, że średnie charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych „strefy aktywnej” wynoszą: ok. $I_L = 0,09$; $c_u = 42$ kPa; $\phi_u = 8^\circ$, przy czym charakteryzują się one wysoką zmiennością i rozrzutem wokół wartości średniej;
 - strefa niezaburzona zalegająca od głębokości 6,0 m p.p.t. ma zbliżone średnie wartości cech i parametrów geotechnicznych /a nawet nieco korzystniejsze/ do zalecanych w obowiązujących normach.

Przedstawione wartości cech geotechnicznych „strefy aktywnej” sugerują korzystne jej właściwości geotechniczne jako podłoża budowlanego, jeżeli ustalonyby je na podstawie zależności korelacyjnych wg obowiązujących aktualnie norm.

Analiza statystyczna obejmująca $N = 406$ wyników badań prób iłu bydgoskiego wskazuje, że przy ustalaniu zależności korelacyjnych parametrów geotechnicznych podłoża plioceńskiego w Bydgoszczy należy uwzględnić przede wszystkim głębokość zalegania iłu od poziomu terenu. Zwracając szczególną uwagę na „strefę aktywną”, trzeba pamiętać o wysokich rozrzutach wyników oznaczeń wokół wartości średnich oraz ustalić charakter rozkładu danej cechy. Szczegółowe prognozy zmian parametrów iłu bydgoskiego wymagają jednak dalszych dociekań i analiz.

5. LITERATURA

- [1] Fortunat W.: Charakterystyczne cechy fizyczne trzeciorzędowych iłów Warszawy, Bydgoszczy, Tarnobrzega. Biul. I Geolog. 163, 1960
- [2] Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Problemy posadowienia na gruntach pęczniejących. Materiały Sesji Naukowej z okazji X-lecia IBL ATR, Bydgoszcz 1977
- [3] Jennigs J.E.: The Heaving of Buildings on Desiccated Clay. Mat. III Kongresu Mech. Gruntów i Fund. Zurich 1953
- [4] Kumor M., Ciesielski Z.: Niektóre aspekty projektowania posadowień bezpośrednich na iłach plioceńskich w Bydgoszczy w świetle normy PN-81/B-03020. Artykuł zakwalifikowany do III grupy tematycznej na VII Krajową Konferencję Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Poznań 1984
- [5] Kumor M., Ciesielski Z.: Przykład typowej awarii budynku mieszkalnego posadowionego na ile plioceńskim w Bydgoszczy, Inżynieria i Budownictwo 1984 /przyjęty do druku/
- [6] Madej J., Najder J., Werno M.: Awarie budynków mieszkalnych w dzielnicy Bielawki w Bydgoszczy. Inżynieria i Budownictwo nr 6/66 s. 211-213

- [7] Madej J., Najder J., Werno M.: Eksperymentalne sposoby zabezpieczenia budynków dzielnicy Bielawki w Bydgoszczy. Inżynieria i Budownictwo nr 7/67 s. 264-265
- [8] Matysiak A., Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Awaria domu studenckiego posadowionego na gruncie ekspansywnym. III Sympozjum Polit. Szczecińskiej, Szczecin 1977, s. 67-74
- [9] Matysiak A., Hajdukiewicz J., Kumor M., Zawalski A.: Awarie budynków w Bydgoszczy posadowionych na iłach trzeciorzędowych. Mat. dodatkowe IV Sympozjum Polit.Szczecińskiej, Szczecin 1978, s. 115-123
- [10] Najder J., Werno M.: The effect of climatic fluctuations on displacement of buildings founded on pliocene clays. Stavebnicki Casopis SAV XVI. 1, Bratysława 1968
- [11] Piotrowski M.: Badania geologiczno-inżynierskie nad przyczynami pęknięcia budynków w Bydgoszczy. Instytut Geologiczny, Warszawa 1956
- [12] Przystański J.: Wpływ zmiany zawilgocenia iłów plioceńskich na stateczność fundamentów na przykładzie awarii budynku mieszkalnego. XVII Konf.Nauk.Kom.Inż. PAN i Komitetu Nauki PZiTB, Krynica 1971
- [13] Werno M., Najder J.: Measurment of the volumetric change zone in clay layer in situ. Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae. Tomus 64 /1-4/ 1968
- [14] Wojciechowski E.: Inżynierska ocena iłu bydgoskiego jako podłoża budowlanego /praca magisterska/ IBL ATR, Bydgoszcz 1983, s. 80

ACTIVE ZONE OF PLIOCENE CLAY IN BYDGOSZCZ

Summary

Geotechnical parameters of the pliocene clay of Bydgoszcz were analysed. It is stated that an active zone depth for Bydgoszcz clays is 3.5m. below ground level. A statistic analysis of 406 samples of clay showed a decrease in the shear strength in the active zone when compared with lower zones of Bydgoszcz clays and with those taken from correlation data.

АКТИВНАЯ ЗОНА ПЛИОЦЕНЬСКИХ ГЛИН В БЫДГОЩИ

Резюме

В статье проанализированы параметры и геотехнические особенности плиоценьских глин на территории города Быдгощи. Установлено, что активная зона глин плиоценьских достигает 3,5 м ниже поверхности. Статистический анализ 406 образцов почв показал снижение значения угла внутреннего трения и сцепления глин активной зоны по сравнению с ниже лежащими слоями и принимаемыми для глин из корреляционных зависимостей.

Janusz Kwiecień

UWAGI DO ELEKTRONICZNEGO CENTROWANIA WIĄZKI LASEROWEJ W ASPEKTCIE
ZAKŁÓCEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W REZONATORZE

Artykuł zawiera wyniki badań na bazie rozważań teoretycznych, dotyczących oceny zniekształceń liniowych tyczenia kierunku, przy użyciu lasera w aspekcie zakłóceń występujących w rezonatorze. Uzyskane rezultaty potwierdziły możliwość prowadzenia precyzyjnych pomiarów geodezyjnych laserami polskiej produkcji.

1. WSTĘP

W ostatnich latach rozwój techniki laserowej znalazł również zastosowanie w geodezji inżyniersko-przemysłowej. Wykorzystanie lasera do metody prostej odniesienia daje możliwość automatyzacji i zwiększenia precyzji pomiaru. Istotnym problemem konstrukcyjnym, występującym przy realizacji tego typu prac, jest wytworzenie odpowiednio ostrej wiązki laserowej oraz zapewnienie detekcji jej osi. Produkowane w ostatnich latach przez przemysł krajowy i zagraniczny laserowe wskaźniki kierunku są instrumentami przeznaczonymi do tego typu prac tyczeniowych. Zasadniczą częścią polskich urządzeń tego typu jest laser gazowy He-Ne, produkowany na skalę przemysłową przez Zjednoczenie Przemysłu Świetlnego „POLAM” w wersji LG-300 i LG-200.

Laser gazowy He-Ne zaaklimatyzował się w geodezji w naturalny sposób, ponieważ jego parametry techniczne są odpowiednie dla wymagań stawianych w tej dziedzinie techniki. Przez parametry techniczne należy rozumieć te własności wiązki, które daje laser He-Ne, a więc stabilną emisję w jednym podstawowym modzie /popręcznym TEM_{00} /, co w praktyce oznacza, że rozkład energii w dowolnym przekroju poprzecznym wiązki ma charakter krzywej Gaussa, dalej odpowiednią barwę wiązki /czerwoną/, odpowiadającą długości fali $0,6328 \mu m$ oraz wystarczająco dobry stopień równoległości /małej rozbieżności/ tej wiązki.

Dwie pierwsze własności decydują o warunkach detekcji wiązki lasera He-Ne, dokonywanej za pośrednictwem różnego rodzaju fotodetektorów [4]. Trzecia własność natomiast ma znaczenie w razie konieczności zapewnienia mniej więcej stałego przekroju wiązki na odległościach sięgających do kilkuset metrów.

Niestety wartość techniczna polskich laserów nie spełnia wszystkich wyżej wymienionych warunków. Szczególnie niewygodna dla prowadzenia precyzyjnych pomiarów jest wielomodowość pracy, spowodowana złą jakością wy-

konania rezonatorów optycznych. Laser powinien generować w modzie podstawowym, ponieważ lepsza to charakterystykę ukierunkowania promienia i pozwala na precyzyjne centrowanie wiązki przy pomocy urządzeń fotodetekcyjnych. Innym mankamentem obniżającym dokładność pomiarów jest niska jakość materiału, z którego wykonuje się kapilarę, co powoduje, że występują odkształcenia w czasie trwania akcji laserowej.

Celem niniejszego artykułu była próba oceny wpływu niektórych zakłóceń występujących w rezonatorze lasera gazowego He-Ne na dokładność elektronicznego centrowania wiązki.

2. RODZAJE ZAKŁÓCEŃ MOGĄCYCH MIEĆ WPŁYW NA ELEKTRONICZNE CENTROWANIE WIAZKI

Charakterystyki promieniowania lasera gazowego nie są stałe. Wpływa na to wiele czynników, które można podzielić na zewnętrzne - zmiany temperatury, drgania mechaniczne i wewnętrzne - szum związany ze zmianą płaszczyzny polaryzacji promieniowania, przemiatanie modów, zmiany temperatury, szum plazmy.

Zmiany wprowadzone przez jedne z nich mają niskie częstotliwości /wpływ temperatury/, inne bardzo wysokie rzędu MHz /np. szum plazmy/.

2.1. Wielomodowość promieniowania

Konstrukcja laserowego rezonatora, składającego się z układu dwóch zwierciadeł o dużych współczynnikach odbicia /0,99/, nosi nazwę rezonatora Fabry-Perot [3]. Właściwości promieniowania wyprowadzonego na zewnątrz przez taki rezonator określane są przez oscylację w jego wnętrzu. Rozważając parametry wiązki laserowej, należy brać pod uwagę zarówno jej rozkład przestrzenny, jak i widmo promieniowania. Mówiąc ogólnie, w rezonatorze wskutek odbić promieniowania od zwierciadeł mogą wzbudzać się jakiegokolwiek pola elektromagnetyczne od zwierciadeł mogą wzbudzać się jakiegokolwiek pola elektromagnetyczne w sensie przestrzennym i widmowym. Wzmocniane są jednak tylko te pola, które spełniają warunek generacji. Inne pola przy wielokrotnych odbiciach między zwierciadłami będą tłumione, a więc niemożliwa będzie ich generacja na skutek dużych strat energetycznych.

Drgania pola elektromagnetycznego w rezonatorze optycznym odznaczają się pewnym charakterystycznym rozkładem przestrzennym linii sił pola. Rozkład te noszą nazwę modów /rodzajów/ promieniowania. Rozróżnia się mody podłużne /wzdłuż osi rezonatora/ i poprzeczne /rozpatrywane w płaszczyźnie prostopadłej do osi rezonatora/. Mody poprzeczne odnoszą się do wektorów elektrycznych i magnetycznych drgającej fali elektromagnetycznej. Gdy światło jest spójne i całkowicie w fazie ma ono wówczas pojedyncze czoło i wszystkie wektory w danej chwili leżą w jednej płaszczyźnie, prostopadłej do kierunku rozchodzenia się wiązki. W takim przypadku mamy do czynienia z modem TEM_{00} /rys. 1/. Mod TEM_{00} charakteryzują najniższe straty energii. Charakterystyczną cechą tego modu jest gaussowski rozkład natężenia /rys. 2/ promieniowania w przekroju wiązki laserowej wg równania:

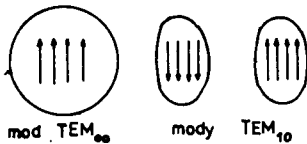
$$J = J_0 \exp / -2r/\omega^2 / \quad (1)$$

gdzie:

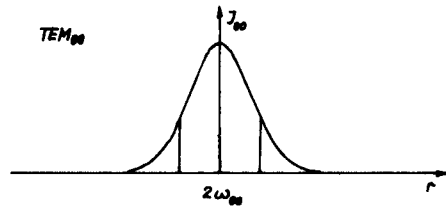
J_0 - natężenie w punkcie środkowym /optyczna oś lasera/

r - odległość od osi w przekroju wiązki

ω - wartość r , dla której natężenie jest e^{-2} razy mniejsze niż J_0



Rys. 1.

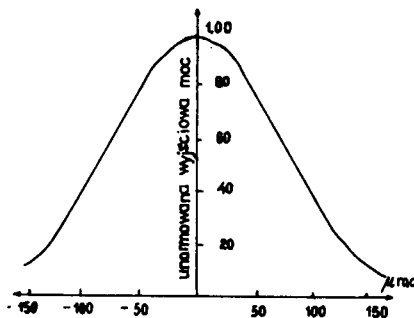


Rys. 2.

Lasery stosowane w pomiarach geodezyjnych powinny pracować w modzie TEM_{00} , gdyż pozwala to jednoznacznie określać położenie wiązki /oś wiązki wyznacza linia łącząca punkty o maksymalnym natężeniu/. Natomiast zastosowanie lasera wielomodowego znacznie utrudnia pomiary, gdyż rozkład natężenia jest zniekształcony i wyszukiwanie punktu o największym natężeniu jest niemożliwe. Trzeba wtedy stosować urządzenia centrujące, pracujące na zasadzie wyszukiwania zrównoważonego centrum energii plamki laserowej.

2.2. Termiczny dryft

Linia odbicia łącząca środki dwóch zwierciadeł występujących w rezonatorze powinna pokrywać się z geometryczną osią laserowej kapilary /cieniutkiej rurki, w której zachodzi akcja laserowa/. W przypadku, gdy powierzchnie odbicia tych zwierciadeł nie są prostopadłe do tej linii, następuje rozregulowanie układu optycznego rezonatora. Powoduje to zmiany kierunku promieniowania i straty mocy na wyjściu. Zakłócenia te są wynikiem nierównomiernego nagrzewania się konstrukcji rezonatora, co prowadzi do wygięcia kapilary i pochylecia zwierciadeł.



Rys. 3.

2.3. Drgania mechaniczne

Drgania te są pochodzenia zewnętrznego i przenoszą się na zespoły lasera, powodując ich względne mikroprzesunięcia. Podobnie jak i przy wpływie zmian temperatur zmienia się długość rezonatora i występują jego deformacje. Zniekształcenia te następują oscylacyjnie i częstotliwość zmian mocy lasera może dochodzić nawet do kilku KHz.

2.4. Inne zakłócenia

W laserze, oprócz wpływów zmian termicznych i mechanicznych, na stabilność wiązki istotną rolę odgrywać mogą takie zjawiska jak:

- s z u m z a s i l a n i a spowodowany fluktuacjami prądu przepływającego przez kapilarę wskutek niestabilności pracy zasilacza laserowego,
- k o n k u r e n c j a m i ę d z y m o d a m i polegająca na pojawianiu się promieniowania o długości fali 3,39 μm przy wspólnym górnym stanie wzbudzenia. Fluktuacje promieniowania spowodowane pojawianiem się drugiej linii mają częstotliwość od 0,1 do 20 Hz i są istotne w laserach o mocy wyjściowej ponad 4 mW,
- s z u m p o l a r y z a c j i wynikający z przypadkowych stanów polaryzacji promieniowania w laserach ze zwierciadkami przyspojonymi do kapilary. W istocie jest to światło liniowo spolaryzowane ze zmienną w czasie płaszczyzną polaryzacji. Częstotliwość zmian płaszczyzny wynosi od 0,1 do 10 Hz, co wprowadza znaczne fluktuacje promieniowania w układach centrujących /fotodetektor posiada własną płaszczyznę polaryzacji/ posiadających płytkę polaryzacyjną.

3. POMIARY EKSPERYMENTALNE ZAKŁÓCEŃ WIĄZKI

Celem eksperymentu było wyznaczenie wielkości poziomych liniowych odchyłań fluktuującej wiązki bezpośrednio na wyjściu z lasera, a następnie próba oceny wpływu poszczególnych rodzajów zakłóceń na te liniowe zniekształcenia.

3.1. Opis metody i aparatury badawczej

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Budownictwa Lądowego Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Przetestowano trzy typy laserów produkcji krajowej: laser LG-300-76, LG-300-84 i LG-typ szkolny. Cyfry 76 i 84 informują o roku produkcji, natomiast cyfra 300 określa długość rury laserowej.

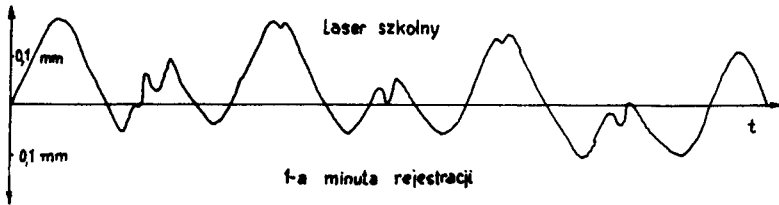
W skład zestawu odbierającego promieniowanie wchodził:

- fotodetektor USG wraz ze wzmacniaczem różnicowym /opis znajduje się w publikacji [4]/,
- elektromechaniczny rejestrator drgań produkcji radzieckiej typ H338-4 o możliwości pomiaru od 0 do 150 Hz.

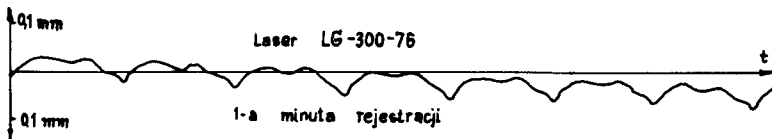
Podczas badań fotodetektor znajdował się bezpośrednio na wyjściu promieniowania z kolejno ustawianych laserów. W celu uniknięcia zakłóceń spowodowanych drganiami mechanicznymi całość aparatury ustawiono na stabilizowanej ławie optycznej.

3.2. Wyniki eksperymentu i ich ocena

Przeniesione przez fotodetektor informacje o poziomym położeniu wiązki laserowej były sygnałami rejestrowanymi przez pół godziny od momentu włączenia lasera. Przykłady przebiegu zanotowanych fluktuacji wiązki w czasie pierwszej i dwudziestej szóstej minuty rejestracji przedstawiono na rysunkach od 4 do 9.



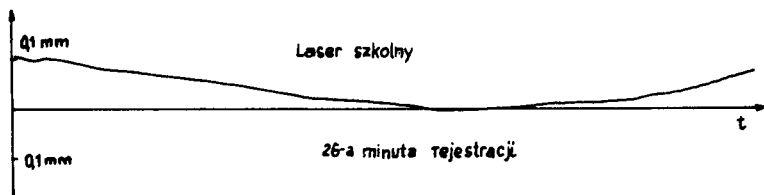
Rys. 4.



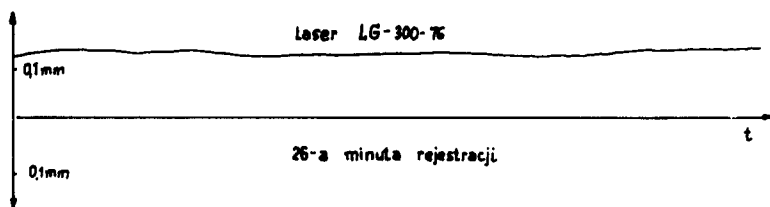
Rys. 5.



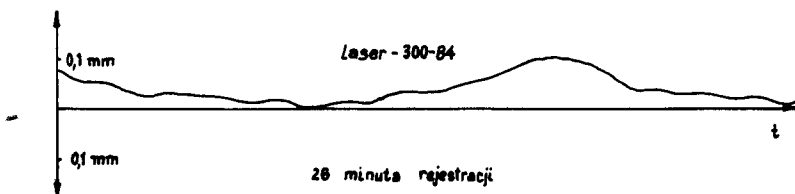
Rys. 6.



Rys. 7.



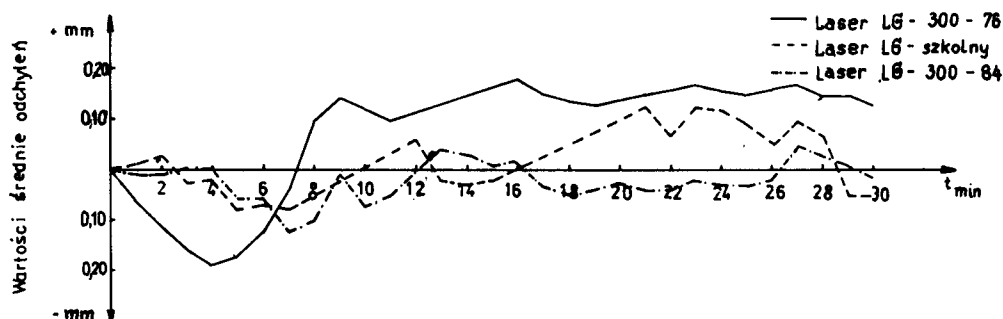
Rys. 8.



Rys. 9.

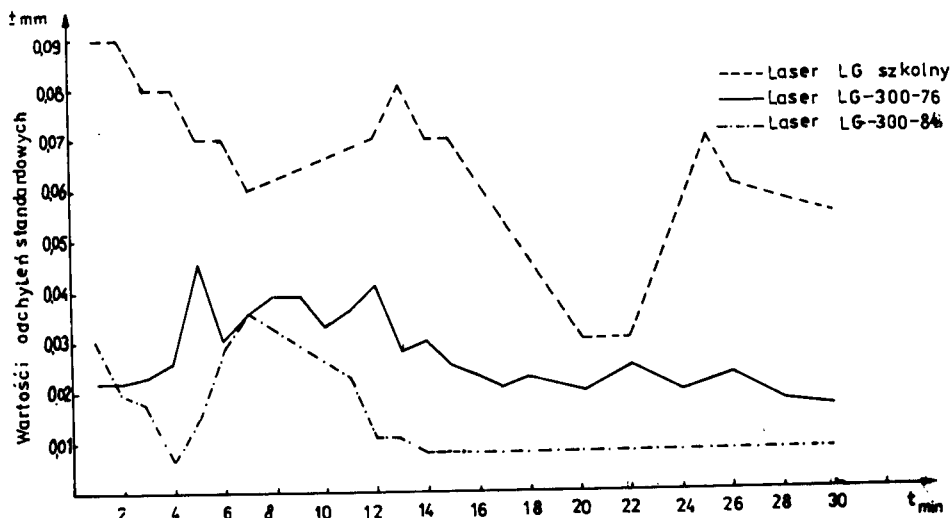
Otrzymane wyniki obserwacji są sygnałami losowymi, które nie mogą być opisane dokładnymi zależnościami matematycznymi, ponieważ wynik każdej obserwacji jest jedyny /nieodtwarzalny/. Odpowiadają one losowym zjawiskom fizycznym, których wartości w każdej chwili czasu są przypadkowe i stanowią elementy pewnego procesu stochastycznego. Sygnały stochastyczne można opisać przez podanie pewnych ich właściwości statystycznych. Jeżeli właściwości te zależą od czasu, wówczas sygnały nazywa się niestacjonarnymi. Otrzymuje się je w przypadku występowania nieustalonych warunków pracy, gdy zachodzą nagłe zmiany warunków otoczenia lub podczas długiego okresu pracy, w którym następują takie zmiany własności układu, że przy danym sygnale wejściowym otrzymuje się różne sygnały wyjściowe.

Przedstawione na rysunkach od 4 do 9 obserwacje są właśnie takimi sygnałami niestacjonarnymi. Zmienne w czasie średnie położenie wiązki laserowej /rys. 10/ wskazuje na istotny wpływ zjawiska dryftu termicznego na stabilność promieniowania.



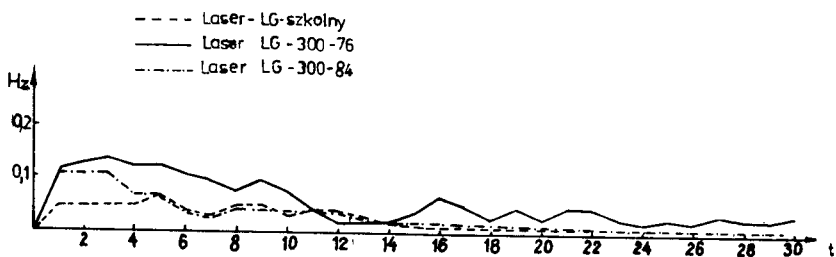
Rys. 10.

Lasery LG-300-76 wykazuje w początkowej fazie znaczne odchylenie wiązki od położenia wyjściowego $\pm 0,20$ mm/, by po okresie 16 minut pracy przyjąć pozycję względnie stabilną. W przypadku lasera LG- szkolnego znaczne fluktuacje średniej i brak stabilizacji nawet po pół godzinie dyskredytują jego przydatność do wykonywania dokładnych pomiarów. Przemieszczenia wiązki lasera LG-300-84 mają mniejsze wartości odchylenia /od $-0,14$ do $0,05$ mm/ niż lasera LG-300-76, ale z kolei są mniej stabilne. Potwierdza to wykres odchylenia standardowych przedstawiony na rysunku 11, gdzie fluktuacje lasera LG-300-76 po 14 minutach pracy są minimalne i wynoszą $0,01$ mm.



Rys. 11.

Wartość średnia i wariancja są wielkościami charakteryzującymi wielkości zmiennych, ale nie dają jednak żadnych informacji o prędkości zmian sygnału w czasie. Oznacza to, że dwa procesy stochastyczne mogą być procesami gaussowskimi o tej samej wartości liczbowej odchylenia standardowego, lecz jeden z nich może zmieniać się szybciej niż drugi. Przykładem charakterystyki szybkości zmian w czasie są przedstawione na rysunku 12 wykresy w dziedzinie częstotliwości. Na ich podstawie można wnioskować, że oprócz zakłóceń termicznych w rezonatorze laserów LG-300-76 i LG-300-84 mogła występować zmienna płaszczyzna polaryzacji /powyżej $0,1$ Hz/.



Rys. 12.

4. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone badania pozwoliły ocenić wielkość zniekształceń liniowych spowodowanych zakłóceniami w pracy rezonatora laserowego. W przypadku laserów profesjonalnych LG-300-76 i LG-300-84 odchylenia kierunkowe promieniowania nie przekraczały 0,20 mm, jednak ich mały błąd standardowy po 15 minutach pracy pozwala zastosować je w precyzyjnych pracach tyczeniowych. Dalsze prace pozwalają zastosować je w precyzyjnych pracach tyczeniowych. Dalsze podniesienie stabilizacji wiązki laserowej można uzyskać stosując w konstrukcji rezonatora materiały o małym współczynniku rozszerzalności liniowej, takich jak stop inwar na mechanizmie nośnym, czy topiony kwarc na kapilarze. Zastosowanie tej dodatkowej stabilizacji temperatury przez umieszczenie lasera wewnątrz komory próżniowej lub zanurzenie w cieczy pozwoliłoby znacznie zmniejszyć efekt dryftu.

5. LITERATURA

- [1] Danielemeyer H.G.: Effects of Drift and Diffusion of Excited States on Spatial Hole-Burning and Laser Oscillation. J. Appl. Phys. 1971 vol. 42. no. 7 p. 3125-3132
- [2] Józwicki R.: Optyka laserów. WNT, Warszawa 1981
- [3] Kaczmarek F.: Wstęp do fizyki laserów. PWN, Warszawa 1978
- [4] Kwiecień J.: Przydatność lasera do wyznaczania i kontrolowania poziomych punktów w pomieszczeniach zamkniętych. Z. Nauk. AGH nr 987 seria geodezja
- [5] Piekara A.: Nowe oblicze optyki. PWN, Warszawa 1976
- [6] Wheeler J.: Noise in Gas Laser Systems. The Optical Industry and Systems Purchasing Directory 1980 B-522-524

SOME REMARKS ON ELECTRONICAL CENTERING OF LASER BEAM IN REGARD TO
RESONATOR NOISE

Summary

In the paper, there is described the influence of noise in gas laser system. The noise is caused by various phenomena. Its mechanism may be classified as either fundamental /i.e. caused by the physical nature of the laser spontaneous emission noise, plasma noise, mode beating, etc./ or external /i.e. caused by the laser construction, thermal drift microphonics, etc./. The results of investigations concerning the above- problems confirm a full usefulness of Polish lasers for geodetic measurements.

ЗАМЕЧАНИЯ К ЭЛЕКТРОННОМУ ЦЕНТРИРОВАНИЮ ЛАСЕРНОГО ПУЧКА В АСПЕКТЕ ПОМЕХ
ВЫСТУПАЮЩИХ В РЕЗОНАТОРЕ

Резюме

В статье представлены результаты теоретических размышлений касающихся оценки линейных искажений направления при использовании лазера в аспекте помех выступающих в резонаторе. Полученные результаты подтвердили возможность проведения точных геодезических измерений при помощи польских лазеров.

Jan Kempa

PRĘDKOŚCI SAMOCHODÓW NA JEZDNIACH MOKRYCH I SUCHYCH

W artykule podana została zależność między prędkościami jazdy samochodów w warunkach ruchu po mokrej i suchej nawierzchni. Zależność ta odnosi się do dwupasowych dróg dwukierunkowych.

1. WSTĘP

W celu rozwiązania niektórych zagadnień praktycznych, związanych z projektowaniem geometrycznym dróg, niezbędna jest znajomość zależności prędkości jazdy samochodów od stanu jezdni. Przykładem może być projektowanie krzywych poziomych. Jednym z czynników decydujących o wartości promienia łuku poziomego jest współczynnik szepności. Jako maksymalną wartość tego współczynnika /przy rozważaniach stateczności pojazdu na krzywej/ przyjmuje się wielkość współczynnika tarcia opony o nawierzchnię przy hamowaniu, gdy koło pojazdu zostaje całkowicie zablokowane i występuje 100% jego poślizgu. Jednocześnie przyjmuje się wartość tego współczynnika dla nawierzchni mokrych. Oba te założenia stanowią o niekorzystnych warunkach ruchu, przez co zwiększa się bezpieczeństwo ruchu przy określaniu geometrii krzywych w planie.

W związku z powyższym założeniem, również prędkości ruchu pojazdów, w celu wyznaczenia minimalnych wartości promieni łuków poziomych, powinny dotyczyć jezdni mokrych. Jednakże z oczywistych przyczyn technicznych pomiary prędkości samochodów dla mokrego stanu jezdni byłyby bardzo kłopotliwe. Wyjściem z tej sytuacji może być określenie zależności między prędkością ruchu pojazdów po mokrej i suchej nawierzchni. Rozwiązanie tego problemu jest celem niniejszego artykułu. W pierwszym etapie badań autor postawił sobie za cel określenie zależności między najszybszymi pojazdami poruszającymi się po jezdni mokrej /tj. kwantylem prędkości 98%/ a odpowiadającym mu kwantylem prędkości dla jezdni suchej. Wynika to z faktu, że właśnie prędkość najszybszych pojazdów jest miarodajną do określenia minimalnych wartości parametrów geometrycznych drogi.

2. POLIGON BADAWCZY I METODY BADAŃ

W celu ustalenia wpływu stanu jezdni na prędkości ruchu samochodów, na krzywych poziomych wykonano badania na 9-ciu tych samych krzywych /o geometrii przedstawionej w tabeli 1 / przy mokrym i suchym stanie nawierzchni. Badania prędkości ruchu samochodów na jezdni suchej i mokrej wyko-

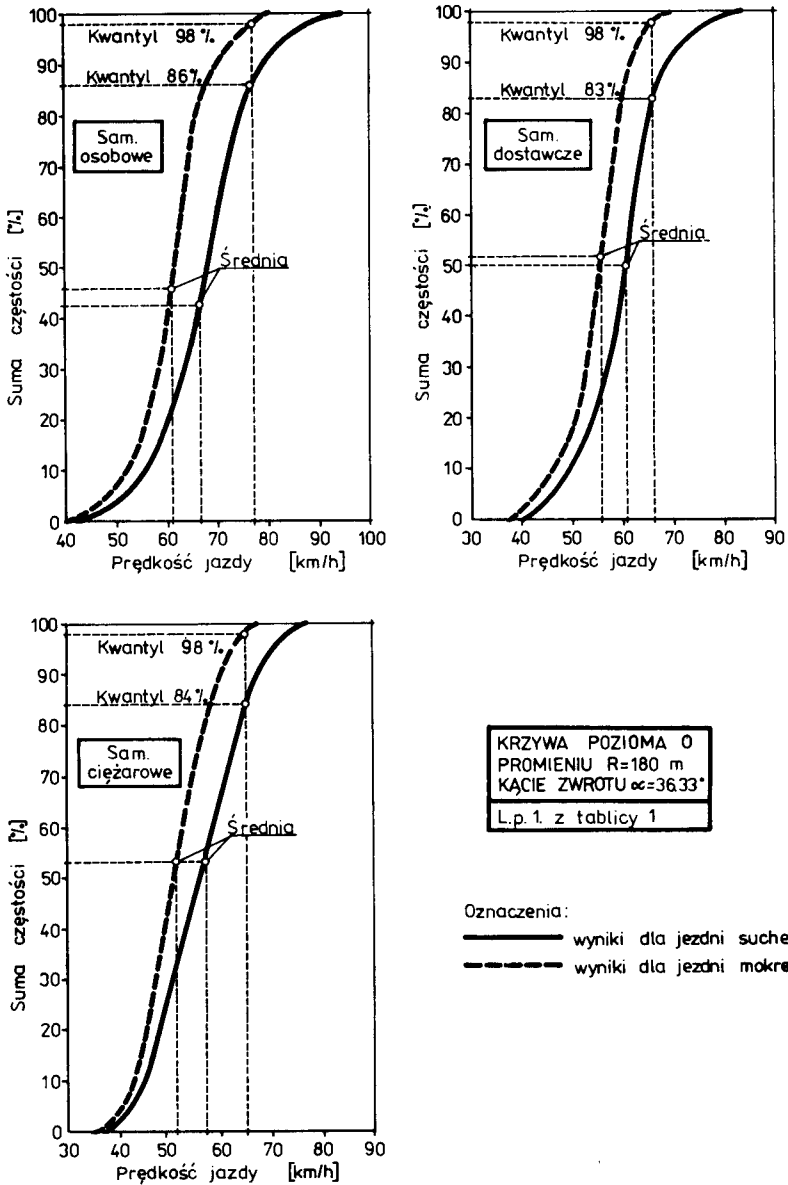
nano na poligonie doświadczalnym o następujących parametrach geometryczno-ruchowych, a mianowicie:

- dwupasowe drogi dwukierunkowe,
- nawierzchnie bitumiczne,
- odległość widoczności równa minimum 450 m /zgodnie z wymogami HCM-65 zapewnienie tej odległości nie wpływa na zmianę warunków ruchu/,
- badaną krzywą poprzedzały proste o długości minimum 550 m oraz maksimum 1200 m. Minimalna długość równa dwukrotnej wartości strefy wpływu [5] umożliwiła wyeliminowanie oddziaływania sąsiednich krzywych na obserwowane prędkości. Natomiast maksymalna długość nie powodowała zwiększenia prędkości w stosunku do prostej o długości minimalnej więcej jak 5% [6],
- poszerzenie jezani na łuku zgodne z ustaleniami [7], co wynikało z braku innych wartości poszerzeń na istniejących drogach,
- szerokość poboczy: 2,0 m - przy szerokości jezdni 7,0 m,
1,5 m - przy szerokości jezdni 6,0 m,
- pobocza nie utwardzone,
- odległość przeszkód bocznych - równa minimum 1,80 m /zgodnie z badaniami [1],[2] zapewnienie tej odległości nie wpływa na zmianę warunków ruchu/,
- profil podłużny na badanych odcinkach oraz w jego obrębie o jednostajnym pochyleniu nie przekraczającym 1,5%,
- brak ograniczeń prędkości, teren nie zabudowany,
- warunki atmosferyczne: temperatura od 10° - 30°C, bezwietrznie lub słaby wiatr,
- odcinek badawczy stanowiły łuki kołowe z symetrycznymi krzywymi przejściowymi o parametrze klotoidy zbliżonym do wartości 0,5 R /najczęściej spotykane w praktyce drogowej/,
- pochylenie poprzeczne jezdni na łuku w przybliżeniu równe wartościom „komentarza” [7].

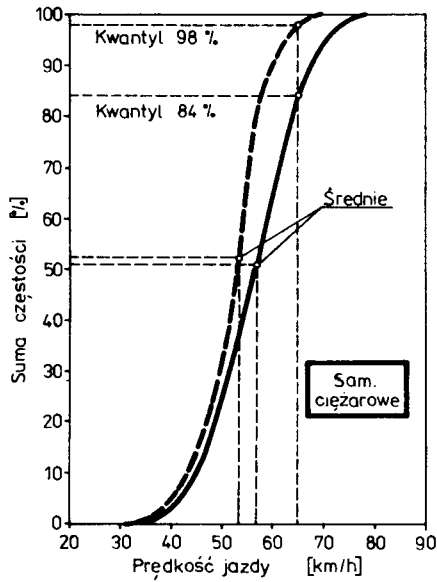
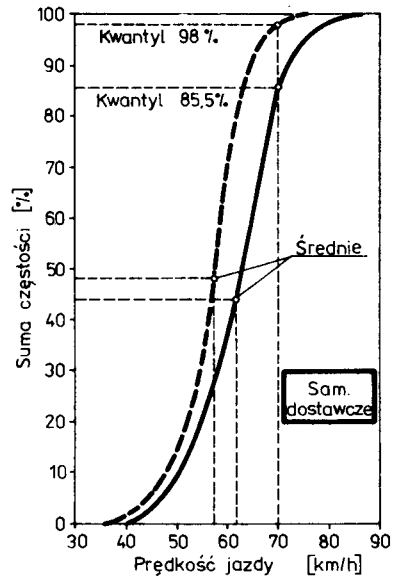
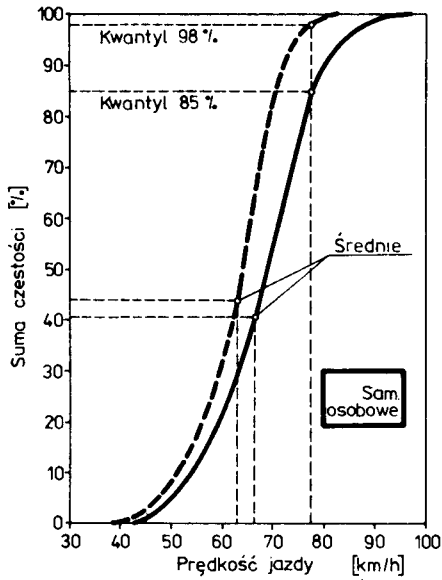
Pomiar prędkości jazdy wykonano za pomocą rejestracji stoperem /o dokładności odczytu 0,1 s/ czasu przebycia przez samochód badanego odcinka. Maksymalny błąd wyznaczenia prędkości jazdy nie przekraczał 5%. Pomiarami objęto samochody swobodne /prędkość tych samochodów zależała tylko od parametrów geometrycznych drogi/. Minimalną wielkość próby samochodów do badań określono na poziomie ufności 0,95. Inwentaryzację poligonu badawczego wykonano metodami geodezyjnymi.

3. PORÓWNANIE WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI JAZDY SAMOCHODÓW PO JEZDNIACH MOKRYCH I SUCHYCH

Na rys. 1 /szerokość jezdni 6,0 m/ i rys. 2 /szerokość jezdni 7,0 m/ przedstawiono, przykładowo dla dwóch wybranych krzywych poziomych, w postaci dystrybuanty uzyskane wyniki pomiarów prędkości jazdy w rozbięciu na badaną strukturę rodzajową pojazdów.



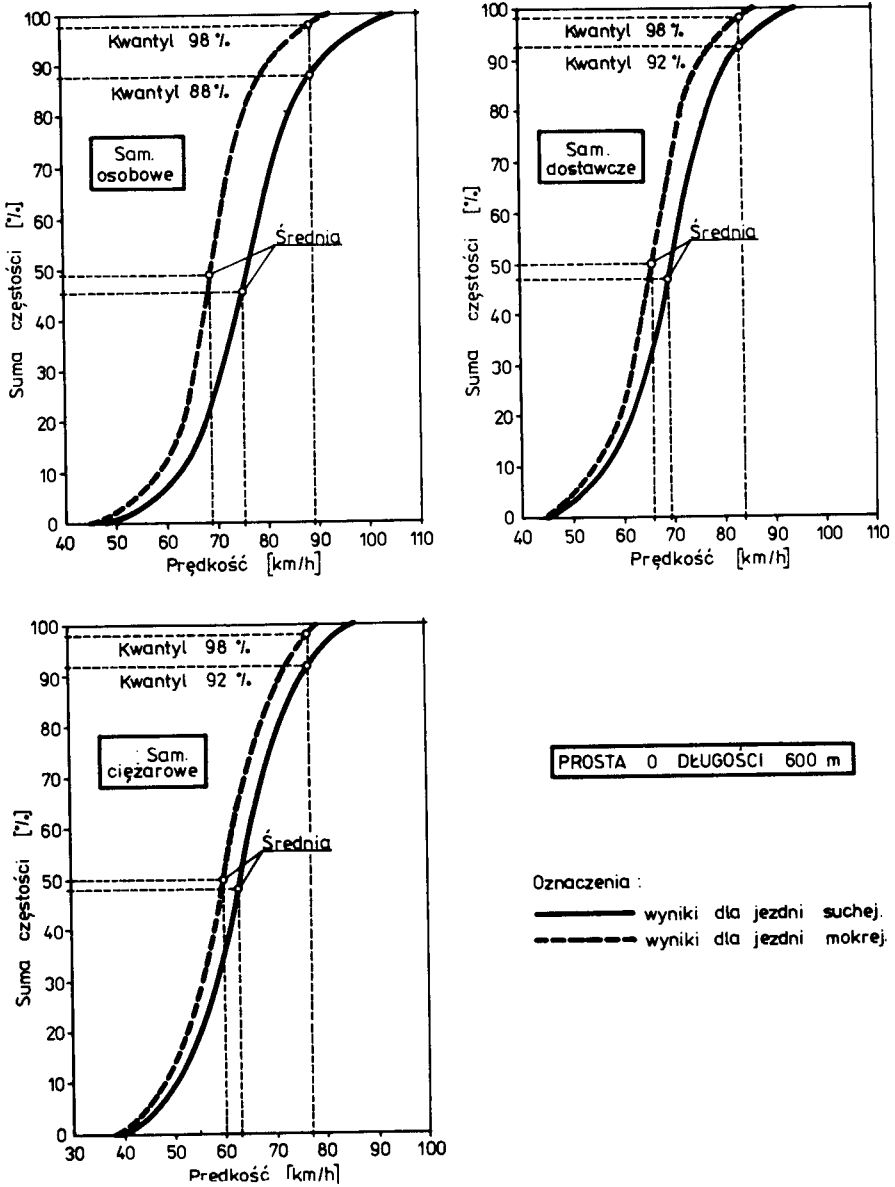
Rys. 1. Dystrybuanty prędkości jazdy dla suchej i mokrej jezdní szerokości 6,0 m



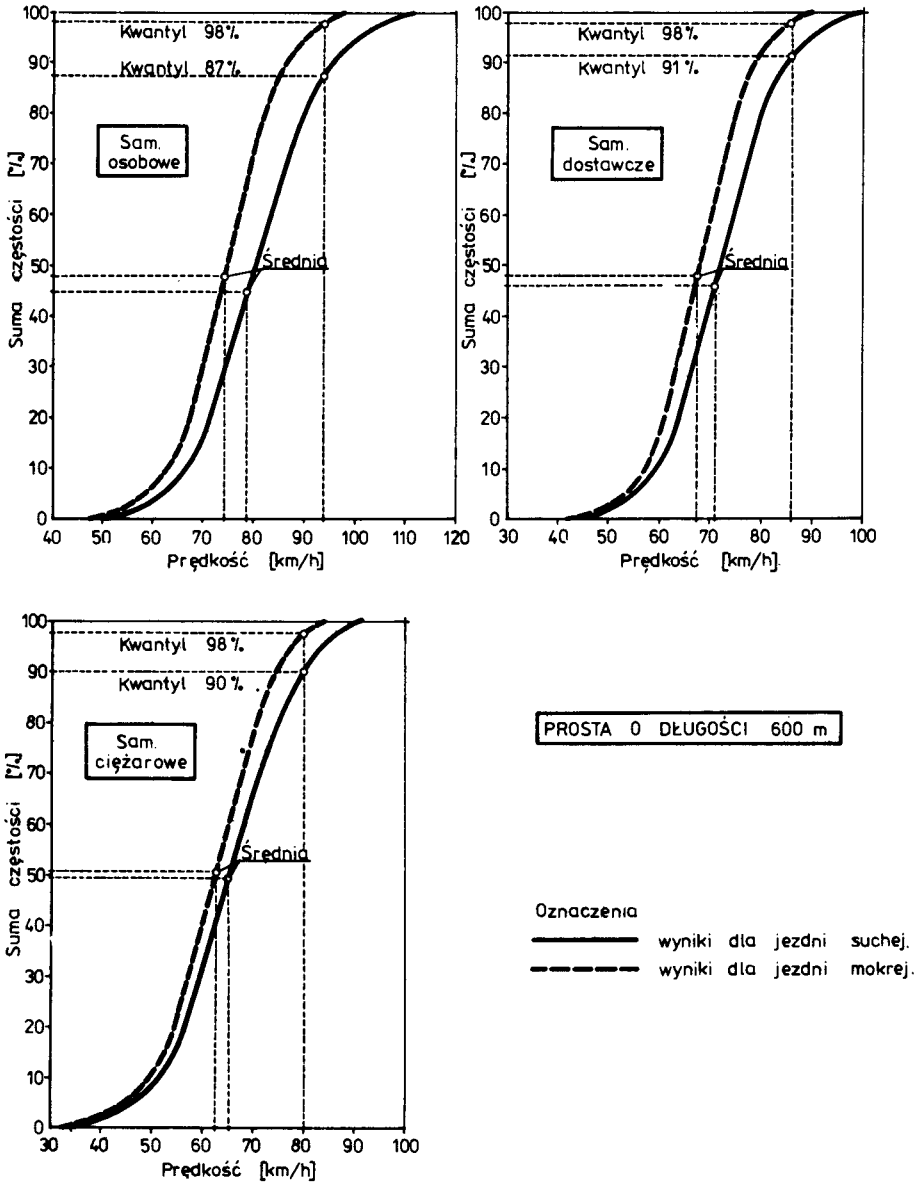
KRZYWA POZIOMA 0
 PROMIENIU $R=250$ m
 KĄCIE ZWROTU $\alpha=72,33^\circ$
 L.p 7 z tablicy 1

Oznaczenia:
 — wyniki dla jezdni suchej
 - - - wyniki dla jezdni mokrej

Rys. 2. Dystrybuanty prędkości jazdy dla suchej i mokrej jezdni szerokości 7,0 m



Rys. 3. Dystrybuanty prędkości dla suchej i mokrej jezdni szerokości 6,0 m



Rys. 4. Dystrybuanty prędkości dla suchej i mokrej jezdni szerokości 7,0 m

Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że kwantylowi prędkości 98% dla jezdni mokrej odpowiada z dostateczną ścisłością kwantyl prędkości 85% dla jezdni suchej. Zestawienie obu tych kwantyli dla badanych krzywych poziomych zamieszczono w tabeli 1. Ich różnice wynoszą od + 1,1 km/h do - 1,0 km/h, co mieści się w granicach błędu pomiaru. Wyniki podane w tabeli 1 powstały na podstawie analizy dystrybuant prędkości.

T a b e l a 1

Porównanie wyników badań prędkości jazdy na krzywych o jezdniach mokrych i suchych

D r o g i o s z e r o k o ś c i j e z d n i 6,0 m						
Lp.	Kod krzywej	Parametry geometryczne krzywej	Rodzaj samochodów	Wartości prędkości jazdy km/h		
				dla jezdni mokrej kwantyl 98%	dla jezdni suchej kwantyl 85%	ΔV
1	2	3	4	5	6	7
1	80	R=180 m $\alpha=36,33^\circ$	osobowe	77,0	76,4	+0,6
			dostawcze	66,3	67,2	-0,9
			ciężarowe	64,9	65,4	-0,5
2	78	R=125 m $\alpha=54,67^\circ$	osobowe	65,9	66,5	-0,6
			dostawcze	59,5	59,8	-0,3
			ciężarowe	54,6	54,8	-0,2
3	90	R=520 m $\alpha=17,17^\circ$	osobowe	88,1	87,8	+0,3
			dostawcze	80,6	79,5	+1,1
			ciężarowe	75,3	75,2	+0,1
4	79	R=200 m $\alpha=23,00^\circ$	osobowe	80,1	80,6	0,5
			dostawcze	72,5	71,5	+1,0
			ciężarowe	68,2	67,3	+0,9
5	69	R=145 m $\alpha=24,00^\circ$	osobowe	75,1	75,8	-0,7
			dostawcze	69,4	68,6	+0,8
			ciężarowe	66,1	67,1	-1,0
D r o g i o s z e r o k o ś c i j e z d n i 7,0 m						
1	2	3	4	5	6	7
6	54	R=270 m $\alpha=30,00^\circ$	osobowe	86,1	85,6	+0,5
			dostawcze	75,7	76,6	-0,9
			ciężarowe	71,4	71,5	-0,1
7	53	R=250 m $\alpha=72,33^\circ$	osobowe	77,4	77,4	0
			dostawcze	75,7	76,6	-0,9
			ciężarowe	65,0	65,4	-0,4

c.d.tabeli 1

1	2	3	4	5	6	7
8	128	R=140 m =24,30°	osobowe dostawcze ciężarowe	79,4 73,5 67,7	80,0 72,4 68,5	+0,6 +1,1 -0,8
9	83	R=500 m =22,23°	osobowe dostawcze ciężarowe	89,4 79,7 76,4	90,1 80,2 75,6	-0,7 -0,5 +0,8

Wpływ stanu jezdni na prędkości samochodów przeprowadzono również dla odcinków prostych. Pomiary wykonano na prostych długości 600 m dla dwóch stanów jezdni, tj. suchego i mokrego. Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 3 /szerokość jezdni 6,0 m/ i rys. 4 /szerokość jezdni 7,0 m/. W przypadku prostych można stwierdzić, że kwantylowi prędkości 98% dla jezdni mokrej odpowiada w przybliżeniu kwantyl prędkości 90% dla jezdni suchej. Ich różnice wynoszą od + 3,0 km/h do - 2,5 km/h, co podobnie jak w przypadku krzywych poziomych mieści się w granicach błędów pomiaru.

4. WNIOSKI

1. Istnieje zależność między prędkościami jazdy samochodów w warunkach ruchu po mokrej i suchej nawierzchni.
2. Na krzywych poziomych, kwantylowi prędkości 98% samochodów osobowych, dostawczych i ciężarowych dla jezdni mokrej odpowiada z dostateczną ścisłością kwantyl prędkości 85% dla jezdni suchej.
3. Na prostych, kwantylowi prędkości 98% samochodów osobowych, ciężarowych i dostawczych dla jezdni mokrej odpowiada w przybliżeniu kwantyl prędkości 90% dla jezdni suchej.

5. LITERATURA

- [1] Babkow ...: Drogowe warunki ruchu samochodów. WKŁ, Warszawa 1960
- [2] Hoppe L.M., Krystek R., Wrześniowski Z.: Przeszkody boczne a warunki ruchu na dwupasowych drogach dwukierunkowych. Drogownictwo 5/1979
- [3] Kempa J.: Wpływ niektórych parametrów geometrycznych krzywych poziomych dwupasowych dróg dwukierunkowych na warunki ruchu. Rozprawa doktorska, Gdańsk-Bydgoszcz 1982
- [4] Kempa J., Szczuraszek T.: Badania warunków ruchu na łukach poziomych. Etap II. Praca nie publikowana, Bydgoszcz 1981
- [5] Kempa J., Szczuraszek T.: Strefa wpływu krzywej poziomej. Zeszyty Naukowe ATR. Budownictwo 17, Bydgoszcz 1983

- [6] Nowicki A.: Określenie wpływu niektórych elementów planu drogi na szybkość i bezpieczeństwo ruchu. Rozprawa doktorska, Poznań 1974
- [7] Normatyw techniczny projektowania dróg samochodowych klasy III, IV, V. NTP-DP-22. CZDP, Warszawa 1974

TRAFFIC CONDITIONS OF VEHICLES ON TWO-LANE HIGHWAYS

Summary

The paper presents results of an examination of the vehicle speed on a dry and wet surface.

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Резюме

В работе представлены расчеты исследования скорости автомобилей в зависимости от состояния проезжей части дороги. Зависимость эта относится к двухполосным двухнаправленным дорогам.

Cena zi 85,—

ISSN 0208-6379