

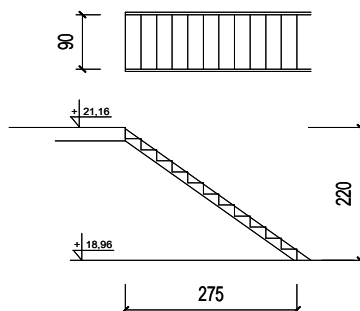
Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieżę kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

1. ELEMENTY KOMUNIKACJI - SCHODY

1.1 SCHODY Z POZIOMU +18,96 NA POZIOM +21,16

Schemat statyczny

Zaprojektowano schody
policzkowe na belkach stalowych.
Stopnie stalowe kryte drewnem.



Zestawienie obciążeń (na 1m2 powierzchni stopnia)

Obciążenia stałe:

	qk [kN/m2]	γf	q [kN/m2]
blacha ryflowana 4mm	0,45	1,35	0,61
lub			
deskowanie 50mm 5,0x0,05=	0,25	1,5	0,38

przyjęto blachę ryflowaną

Obciążenia zmienne:

	pk [kN/m2]	γf	p [kN/m2]
obciążenie ludźmi	5	1,5	7,50
p1 Σ	5,00		7,50

Alternatywnie przyjęto obciążenie siłą skupioną $P_k = 1,5\text{kN}$, w środku rozpiętości stopnia schodów.

1.1.1 Konstrukcja stopnia

Konstrukcję wsporczą stopnia stanowią 2 kątowniki w rozstawie 0,25m, na których opiera się blacha lub deskowanie.
(szerokość zbierania obciążenia $a = 0,25/2 = 0,125\text{m}$)

Rozpiętość stopnia: przyjęto $L_0s = 1,0\text{m}$

Obciążenia stałe:

	qk [kN/m]	γf	q [kN/m]
blacha ryflowana 4mm 0,45x0,25/2 =	0,06	1,35	0,08

Obciążenia zmienne:

	pk [kN/m]	γf	p [kN/m]
użytkowe 5,0x0,25/2 =	0,63	1,5	0,94

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieżę kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Obliczenia stopnia dla różnych wariantów obciążenia wykonano programem RM-WIN [stopien_1.rmt]

W stopniach zastosowano kątowniki L 60x5

Reakcja podporowa od stopnia na belkę:

- dla wariantu z obciążeniem użytkowym równomiernie rozłożonym	$R1k = 0,37kN$	$R1 = 0,53kN$
- dla wariantu z obciążeniem użytkowym dwoma siłami skupionymi	$R2k = 1,55kN$	$R2 = 2,32kN$
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	$Gk = 0,056kN$	$G = 0,07kN$

1.1.2 Konstrukcja belki policzkowej

Obciążenia stałe:

	q_k [kN/m]	γ_f	q [kN/m]
Stopnie: $0,056/0,125 =$	0,45	1,35	0,61

Obciążenia zmienne:

	p_k [kN/m]	γ_f	p [kN/m]
użytkowe $5,0 \times 1,0/2 =$	2,50	1,5	3,75

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch1_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C120.

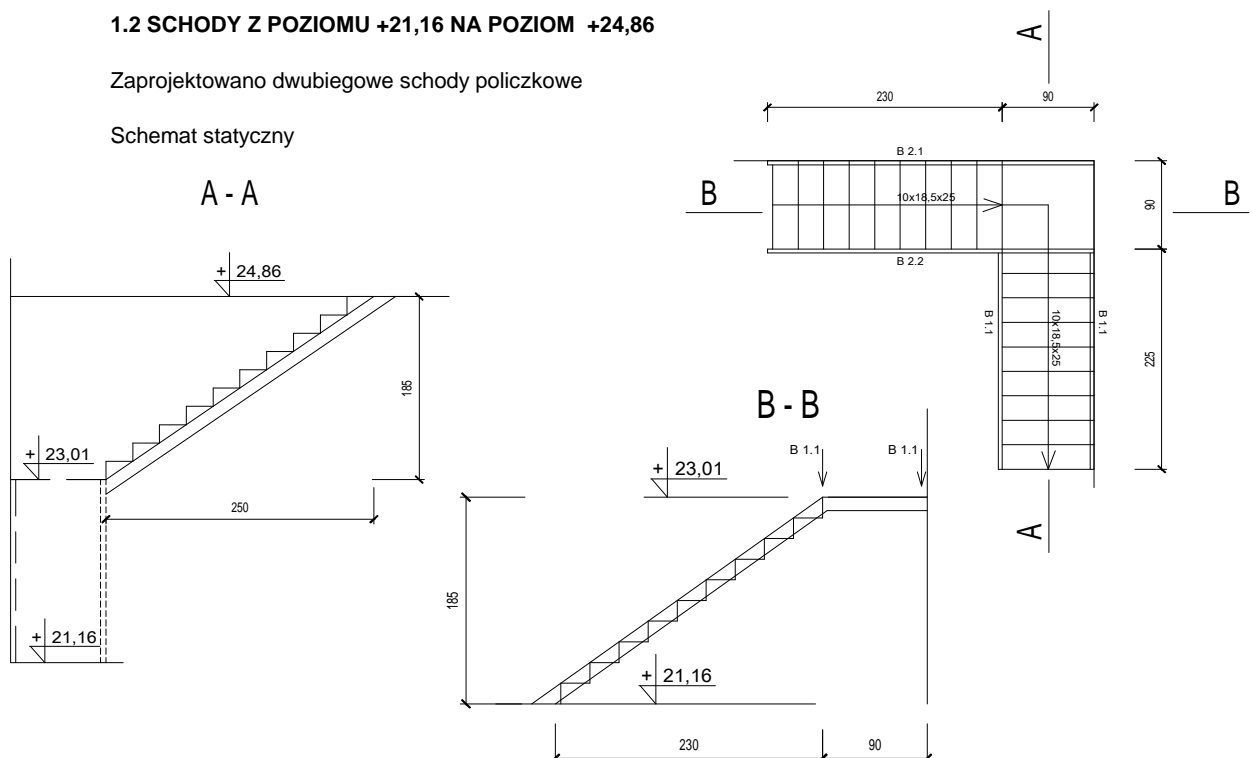
Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	$Gk = 0,89kN$	$G = 1,14kN$
- od obciążeń zmiennych	$Pk = 3,59kN$	$P = 5,38kN$

1.2 SCHODY Z POZIOMU +21,16 NA POZIOM +24,86

Zaprojektowano dwubiegowe schody policzkowe

Schemat statyczny



Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Obciążenia - jak w p. 1.1

Przyjęto analogiczną konstrukcję stopni.

Bieg górny (przekrój A - A - belki B.1.1)

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch2_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C120.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	Gk = 0,77kN	G = 0,99kN
- od obciążeń zmiennych	Pk = 3,13kN	P = 4,69kN

Bieg dolny (przekrój B - B)

- belka B 2.1

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch2_2_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C140.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	Gk = 1,10kN	G = 1,40kN
- od obciążeń zmiennych	Pk = 4,25kN	P = 6,39kN

- belka B 2.2

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch2_2_2.rmt]

Do spocznika przyłożono reakcje z belek B1.1

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C140.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

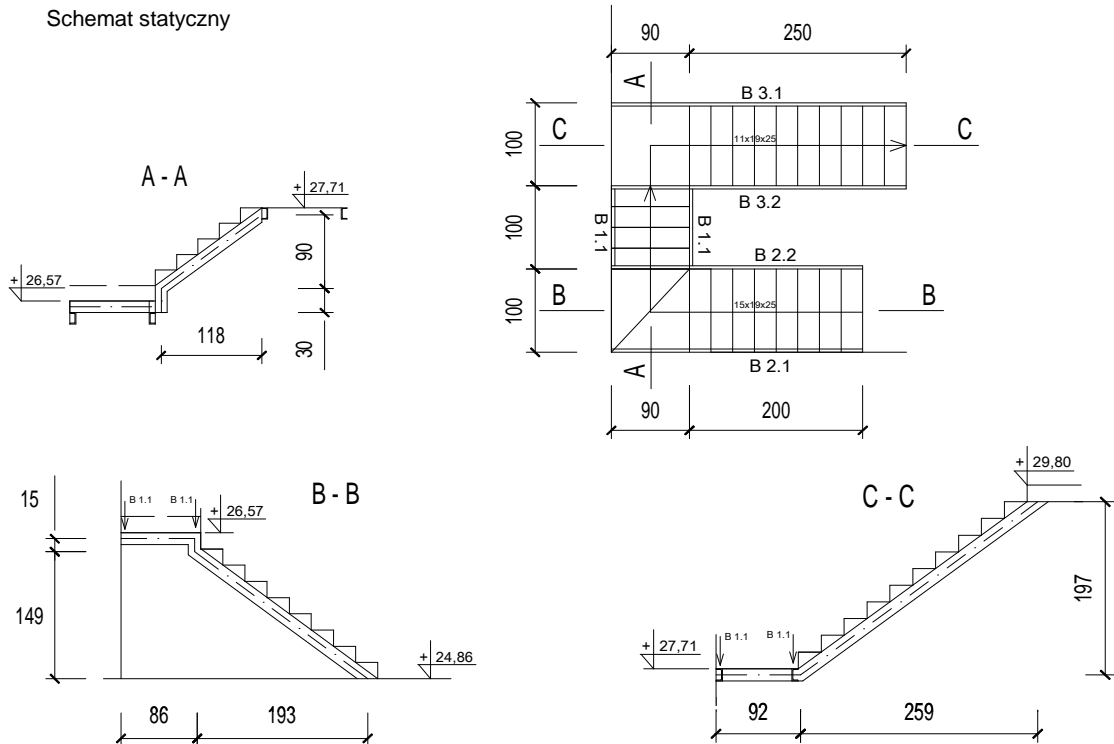
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	- dolna	Gk = 1,33kN	G = 1,71kN
	- górna	Gk = 2,39kN	G = 3,15kN
- od obciążeń zmiennych	- dolna	Pk = 5,17kN	P = 7,76kN
	- górna	Pk = 9,59kN	P = 14,38kN

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

1.3 SCHODY Z POZIOMU +24,86 NA POZIOM +29,80

Zaprojektowano trzybiegowe schody policzkowe

Schemat statyczny



Obciążenia - jak w p. 1.1

Przyjęto analogiczną konstrukcję stopni.

Bieg środkowy (przekrój A - A - belki B.1.1)

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch3_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C80.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	$G_k = 0,36\text{kN}$	$G = 0,46\text{kN}$
- od obciążeń zmiennych	$P_k = 1,48\text{kN}$	$P = 2,21\text{kN}$

Bieg dolny (przekrój B - B)

- belka B.2.1

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch3_2_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C120.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	$G_k = 0,88\text{kN}$	$G = 1,12\text{kN}$
- od obciążeń zmiennych	$P_k = 3,54\text{kN}$	$P = 5,31\text{kN}$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

- belka B 2.2

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch3_2_2.rmt]

Do spocznika przyłożono reakcje z belek B1.1

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C120.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	- dolna	Gk = 1,00kN	G = 1,30kN
	- górna	Gk = 1,46kN	G = 1,91kN
- od obciążeń zmiennych	- dolna	Pk = 4,06kN	P = 5,98kN
	- górna	Pk = 6,09kN	P = 8,96kN

Bieg górny (przekrój C - C)

- belka B.3.1

Obciążenia stałe:

Stopnie: 0,056/0,125 =	qk	γf	q
obudowa p-poż (3xgk+wełna) 0,63 x 1,0/2 =	[kN/m]		[kN/m]
	0,45	1,35	0,61
	0,32	1,35	0,43
	Σ	0,77	1,04

Obciążenia zmienne:

	pk	γf	p
	[kN/m]		[kN/m]
użytkowe 5,0x1,0/2 =	2,50	1,5	3,75

obudowa p-poż pionowa (przyjęto, że 50% ciężaru przejmie strop +29.63

pk sc min =0 pk sc max = 0,63 x 0,5 x 1,80 = 0,57 kN/m

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch3_3_1.rmt]

Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C140.

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	Gk = 2,51kN	G = 3,30kN
- od obciążeń zmiennych	Pk = 4,36kN	P = 6,54kN

- belka B 3.2

Stopnie: 0,056/0,125 =	0,45	1,35	0,61
obudowa p-poż (3xgk+wełna) 0,63 x 1,0/2 =	0,32	1,35	0,43
	Σ	0,77	1,04

Obciążenia zmienne:

	pk	γf	p
	[kN/m]		[kN/m]
użytkowe 5,0x1,0/2 =	2,50	1,5	3,75

Obliczenia belki policzkowej wykonano programem RM-WIN [belka_sch3_3_2.rmt]

Do spocznika przyłożono reakcje z belek B1.1 Przyjęto belki policzkowe z ceowników walcowanych C140.

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Reakcje pionowe od pojedynczej belki:

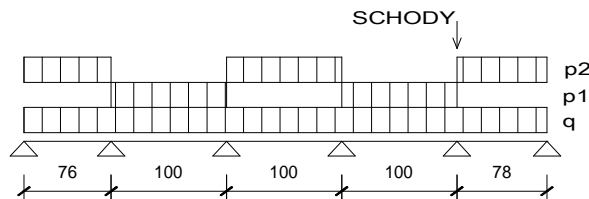
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	- dolna	Gk = 2,36kN	G = 3,10kN
	- górna	Gk = 1,93kN	G = 2,52kN
- od obciążeń zmiennych	- dolna	Pk = 6,90kN	P = 10,34kN
	- górna	Pk = 4,79kN	P = 7,18kN

2. STROPY

2.1 Strop na poziomie 18,96.

Zaprojektowano nowy strop żelbetowy, obniżony w stosunku do istniejącego stropu drewnianego o 80mm (wysokość stopni schodów wzrosła ze 183mm do 190mm).

Płyta żelbetowa gr. 80mm na blaszce stalowej Pruszyński T35 gr. 0,6mm (pozytyw), zespolona z belkami stalowymi. Belki w rozstawie 1,00m.



Policzono 1mb szerokości płyty (obciążenie od schodów przyłożono bezpośrednio do belki).

Obciążenia stałe:

	qk [kN/m]	γf	q [kN/m]
płyta: 0,08x25 =	2,00	1,35	2,70
beton w fałdach blachy: 25x(0,08+0,035)x0,5x0,035x1,0/0,206 =	0,24	1,35	0,32
ciężar szalunku blacha T35 gr. 0,6m, pozytywny	0,06	1,35	0,08
q Σ	2,30		3,11

Obciążenia zmienne:

	pk [kN/m]	γf	p [kN/m]
użytkowe 5,0	5,00	1,50	7,50

Wykorzystano współczynnik kombinacyjny wg wzoru 6.10b Normy PN-EN 1990_2004

- dla obciążeń stałych $\gamma_f = 1,35 \times 0,85 = 1,15$

Obliczenia wykonano programem RM_WIN [plyta_1.rmt]

Maksymalny moment przęsłowy Mmax = 0,7 kNm

Maksymalny moment podporowy Mmin = 0,86 kNm

Beton B30 Stal AIIIIN otulina 20mm

zastosowano zbrojenie #8 co 20cm (góra i dół)

Belki stalowe:

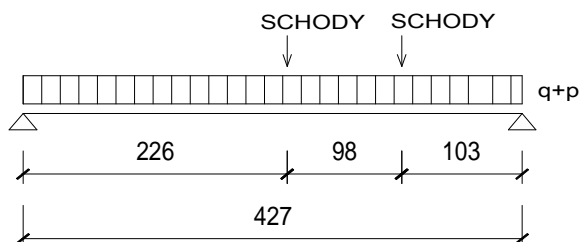
- reakcja od płyty:

(q+p)k = 7,05 kN/m

(q+p) = 9,87 kN/m

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla płyty

γf = 1,40



Ls = 4,07m

L0 = 1,05 x Ls = 4,27m

- reakcje pionowe od pojedynczej belki schodów:

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	Gk = 0,89kN	G = 1,14kN
- od obciążeń zmiennych	Pk = 3,59kN	P = 5,38kN

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów $\gamma_f = 1,43$

Obliczenia statyczne wykonano programem RM_WIN [strop1_1.rmt]

$M_{max} = 33,3 \text{ kNm}$

$V_{max} = 29,80 \text{ [kN]}$

Obciążenia belki stalowej w fazie montażu:

	q_k [kN/m]	γ_f	q [kN/m]
ciężar betonu $25 \times 0,08 \times 1,0 =$	2,00	1,35	2,70
beton w fałdach blachy: $25 \times (0,08 + 0,035) \times 0,5 \times 0,035 \times 1,0 / 0,206 =$	0,24	1,35	0,32
ciężar szalunku blacha T35 gr. 0,6m, pozytyw	0,06	1,35	0,08
obciążenie montażowe $1,5 \times 1,0$	1,50	1,50	2,25
$p_1 \Sigma$	3,80		5,36

$M_{mont \max} = 12,7 \text{ kNm}$

Wymiarowanie przekroju zespolonego:

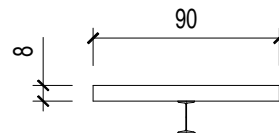
Przyjęto belki stalowe NP 180 zespolone z płytą żelbetową (dla belek stalowych decydująca jest faza montażu).

Klasa przekroju belki - 1

Klasa przekroju zespolonego - 1

Wymiarowanie wg teorii sztywno-plastycznej:

Dla stali S235J0 $E_a = 205 \text{ GPa}$
 $f_{yd} = 215 \text{ Mpa}$



$A_a = 27,9 \text{ cm}^2$ $I_a = 1428,3 \text{ cm}^4$ $b_r = 0,082 \text{ m}$
 $d_a = 0,08 + 0,18/2 = 0,17 \text{ m}$

Dla betonu C25/30:

$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$
 $E_{c,eff} = 0,5 E_{cm} = 15,5 \text{ Gpa}$ $b_{eff} [m] = 0,9$ $h_c [m] = 0,08$
 $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$ $A_c = b_{eff} \times h_c = 0,072 \text{ m}^2$
 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ $I_c = 0,9 \times 0,08^3 / 12 = 3840 \text{ cm}^4$

Dla przekroju sprowadzonego : $n = E_a / E_{c,eff} = 13,23$

Wyznaczenie środka ciężkości przekroju sprowadzonego dla modelu sztywno-plastycznego

$A_a \times f_{yd} = 599,85 \text{ [kN]}$ $0,85 \times f_{cd} \times b_{eff} \times h_c = 1022,04 \text{ [kN]}$

$A_a \times f_{yd} < 0,85 \times f_{cd} \times b_{eff} \times h_c$ - oś obojętna dla modelu sztywno-plastycznego znajduje się w płycie żelb.

$x_{pl} = (f_{yd} \times A_a) / (0,85 \times f_{cd} \times b_{eff}) = 0,047 \text{ m}$

$M_{pl,Rd} = (f_{yd} \times A_a) \times (d_a - 0,5 x_{pl}) = 87,89 \text{ kNm} > M_{sd} = 33,3 \text{ kNm}$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

W stadium montażu nośność dla przekroju stalowego z uwzględnieniem zwichrzenia

sprawdzono programem RM_WIN. Wykorzystanie nośności przekroju stalowego: 75%

Ugięcie sprężyste przekroju zespolonego $u_{spr} = 7 \text{ mm}$

Sprawdzenie wpływu ścinania na nośność belki:

Pole przekroju środka (profil NP180): $A_v = 0,0069 \times 0,18 = 0,00124 \text{ m}^2$

Nośność plastyczna na ścinanie: $V_{pl,Rd} = A_v \times f_{yd} / (\sqrt{3}) = 153,92 \text{ [kN]}$

[wg. 6.2.6 PN-EN 1993-1-1:2006]

Nośność wyboczeniowa środka na ścinanie:

$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)} = 1$ $\lambda_w = h_w / (86,4 \times t \times \varepsilon) = 0,30$ $\chi_w = 1$

$V_{b,Rd} = V_{pl,Rd}$ [wg. (5.1) PN-EN 1993-1-5:2008]

$V_{ed} = 29,8 \text{ [kN]} < 0,5 V_{Rd} = 77,0 \text{ [kN]}$

Brak wpływu ścinania na zginanie.

Wymiarowanie łączników

Siła rozwarstwiająca na odcinku pomiędzy podporą, a środkiem przęsła (moment maksymalny):

$N_{cf1} = A_a \times f_{yd} = 599,85 \text{ [kN]}$

$N_{cf2} = 0,85 \times A_c \times f_{cd} = 1022,04 \text{ [kN]}$

$N_{cf \min} = 599,85 \text{ [kN]}$

Przyjęto łączniki sworzniowe o średnicy $d = 12 \text{ mm}$

Nośność pojedynczego łącznika:

$f_u \text{ [MPa]} = 420$ (śruby klasy 5.8) $\gamma_v = 1,25$

$Prd1 = (0,8 \times f_u \times \pi d^2 / 4) / \gamma_v = 30,39 \text{ [kN]}$ - przyjęto wg PN-90/B-03200 $Prd1 = 26,4$

$Prd2 = 0,29 \times \alpha \times d^2 \sqrt{(f_{ck} E_{cm})} / \gamma_v = 29,41 \text{ [kN]}$

$Prd \min = 26,4 \text{ [kN]}$

Liczba łączników: $n1 = N_{cf} / Prd = 22,72159$

Na odcinku $4,07 / 2 = 2,03 \text{ m}$ należy rozmieścić 24 łączników.

Rozstaw łączników : 17cm. - łączniki w dwóch rzędach.

Alternatywny sposób wymiarowania łączników (zalecenia IBDiM)

- odległość osi obojętnej przekroju zespolonego w modelu sprężystym od górnej kraw. płyty

- założono, że oś obojętna leży w płycie:

$\rho = A_a / (b_{eff} \times d_a) = 0,018$

$x = 2 \times d_a / (1 + \sqrt{(1 + (2 / (n \times \rho))))} = 0,0840 \text{ m} > 0,08 \text{ m}$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

oś obojętna przekroju zespolonego jest poniżej przekroju płyty żelbetowej

$$aa = a \times A_c / (nA_a + A_c) \quad a = 0,16/2 + 0,08/2 = 0,12$$

$$aa = 0,0793$$

$$x = da - aa = 0,0907 \text{ m}$$

- moment bezwładności dźwigara zespolonego (dla przekroju sprowadzonego):

$$I_2 = I_a + I_c/n + A_a \times aa \times a = 4,37E-05 \text{ m}^4$$

- siła ścinająca na styku beton-stal na 1mb długości belki, obliczona dla maksymalnej siły tnącej na podporze:

środek ciężkości przekroju zespolonego (względem górnej krawędzi płyty):

$$x_b = 0,084 \text{ m}$$

moment statyczny sprowadzonego przekroju żelbetowego względem środka ciężkości dźwigara zespolonego:

$$S_b = 0,072/13,2 \times (0,084 - 0,04) = 0,00024 \text{ m}^3$$

$$V_e = V_{sd} \times S_b / I_2 = 163,4778 \text{ kN/m}$$

$$n_1 = V_e / P_{rd \text{ min}} = 6,19$$

$$\text{rozstaw łączników (w dwóch rzędach): } 100/3 = 33 \text{ cm}$$

Pozostawiono rozstaw 17cm z pierwszego warunku.

Połączenia montażowe belek.

W celu umożliwienia transportu belki stalowe podzielono na trzy sekcje:

- środkowa o dł. 1,67m i skrajne o dł. 1,35m (z uwzględnieniem 0,15 oparcia na ścianie).

Siły w miejscu połączenia :

	stan montażowy	stan docelowy
M _{pol} =	10,31kNm	28,5kNm
V _{pol} =	5,30kN	13,51kN

połączenie doczołowe 2x M20 kl. 6.8 (SRt = 95,6kN)

R_m = 600MPa

Ramię siły: $y = 180 + 20 \times 4 = 206 \text{ mm}$

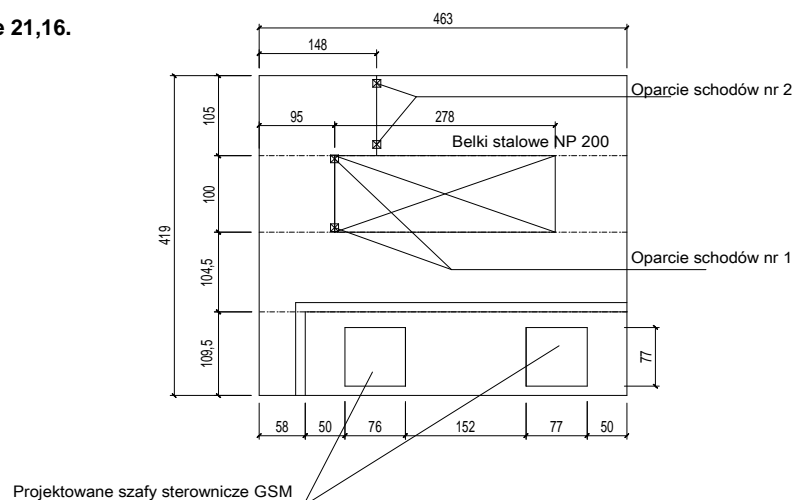
$$M_{rd} = 0,9 \times 2 \times 95,6 \times 0,206 = 35,8 \text{ kNm} > 28,5 \text{ kNm}$$

(połączenie będzie wzmocnione żebrami pionowymi)

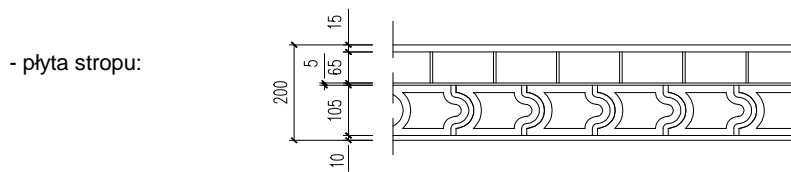
Grubość blachy czołowej:

$$t = d \left(R_m / 1000 \right)^{1/3} = 20 \left(600 / 1000 \right)^{1/3} = 17 \text{ mm.}$$

2.2 Strop na poziomie 21,16.



Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony



Obciążenia:

	qk [kN/m ²]	γf	q [kN/m ²]
- strop ceramiczny (105mm pustak+70mm cegła+25mm beton/tynk) $g_{mh} = 13 \times 0,105 + 18 \times 0,07 + 20 \times 0,025 =$	3,12	1,35	4,21

- szafy sterownicze GSM (przyjęto dla przewidywanej, najcięższej szafy) (7,2kN)/(0,77x0,75) = 7,2kN / 0,58m ²	12,40	1,50	18,60
---	-------	------	-------

- obciążenie użytkowe (związujący)	5,00	1,50	7,50
------------------------------------	------	------	------

Reakcja od belki policzkowej schodów 1:

	Gk [kN/m ²]	γf	G [kN/m ²]
belka B1.1			
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	0,89		1,14
- od obciążeń zmiennych	3,59		5,38
łącznie:	4,48		6,52

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów

(z uwzględnieniem współczynnika kombinacyjnego dla obc stałych 0,85x1,35 = 1,15):

γf = 1,43

Reakcja od belek policzkowych schodów 2:

	[kN/m ²]	[kN/m ²]
belka skrajna (B2.1):		
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	1,1	1,4
- od obciążeń zmiennych	4,25	6,39
łącznie:	5,35	7,79

belka wewnętrzna (B2.2):

- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	1,33	1,71
- od obciążeń zmiennych	5,17	7,76
łącznie:	6,5	9,47

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów

(z uwzględnieniem współczynnika kombinacyjnego dla obc stałych 0,85x1,35 = 1,15):

γf = 1,43

Obciążenie od ścianki wydzielenia p-poż dla urządzeń GSM:

	qk [kN/m ²]	γf	q [kN/m ²]
płyta cementowa Aquapanel outdoor 12,5mm	0,16	1,35	0,22
wełna mineralna 60mm: 0,06 x 1,2 =	0,07	1,35	0,09
płyty GK 2 x12,5mm (12,0 x 0,025) =	0,30	1,35	0,41
stelaż metalowy	0,10	1,35	0,14
p1 Σ	0,63		0,85

- na 1m długości ściany o wysokości Hsc = 3,50m

psc,k = 2,20 kN/m psc = 2,98 kN/m

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

2.2.1 Sprawdzenie nośności płyty stropu wg schematu muru rozpiętego łukowo

(p. 5.3.3 wg PN-B-03002:2007)

grubość części nośnej stropu $t = 0,175$ m fmv - przyjęto dla zaprawy fm = 0,4MPa
wg. Ekspertyzy:

rozpiętość stropu $l_1 = 1,1$ m fmv [MPa] = 1,06

jednostkowe obciążenie obliczeniowe: $q_{Rd} = f_d \times (t/l_1)^2$ Ponieważ obliczenia dotyczą wykonanej konstrukcji współczynnik γ_m zredukowano

$q_{Rd} = 12,19$ kN/m² $\gamma_m = 2,2$

$q_{Rd} > q_{rs1} = (4,21 + 7,5) = 11,71$ kN/m² $q_{Rd} < q_{rs2} = (4,21 + 19,95) = 24,16$ kN/m²

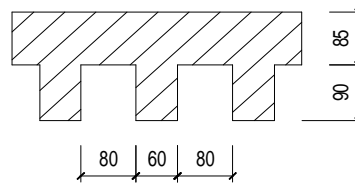
Sprawdzenie nośności stropu na ścinanie

f_d [MPa] = 0,48

Pole czynnego przekroju muru:

$W = 0,020712$ m³

$A = 0,1242$ m²



- wytrzymałość na ścinanie:

$f_{vk0} = 0,1$ MPa

$V_{sd} = (q_{rs} \times l_1^2) / (8 \times 0,8 \times t) = 11,97$ kN/m

naprężenia normalne w stropie $\sigma_d = V_{sd} / A = 96,38$ kPa ($f_m = 1$)

$V_{Rd} = (f_{vk0} / \gamma_m) \times A + 0,4 \sigma_d = 44,20$ kN/m $\gamma_m = 2,2$

$q_{rs} = 3,12 \times 1,35 \times 0,85 + 5,0 \times 1,5 = 11,08$ kN/m² $< q_{rd} = 12,19$

$V_{rs} = 11,08 \times 1,1/2 = 6,09$ $< V_{rd} = 44,20$

Nośność stropu ceramicznego pozwala na przeniesienie obciążeń od zwiedzających, ale jest niewystarczająca do przeniesienia pozostałych obciążeń (od szaf GSM, i schodów oraz ściany p-poż).

Należy zablokować możliwość poprzecznych przemieszczeń żeber stalowych przy otworach przez ich stężenie ze sobą żebrami poprzecznymi (rozdzielczymi).

Pod ścianą wydzielenia p-poż, pod belkami schodów i pod centralami należy w stropie wykonać żebra poprzeczne.

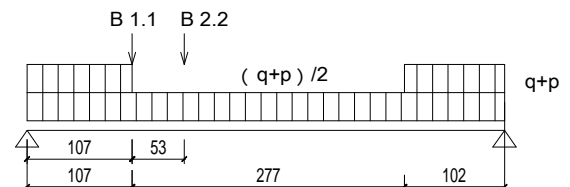
2.2.2 Sprawdzenie nośności belek stropu

Przyjęto, że belki stropowe, o przekroju NP. 200 wykonane są ze stali o granicy plastyczności $f_{yd} = 180$ MPa

- belka podpierająca schody

rozpiętość belki $L_s = 4,63$ m

$L_0 = 1,05 L_s = 4,86$ m



$(q+p)_k = (3,12 + 5,0) \times 1,05 = 8,52$ kN/m

$q+p = (3,12 \times 1,15 + 5,0 \times 1,5) \times 1,05 = 11,64$ kN/m $\gamma_f = 1,37$

obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop2_1.rmt]

$M_{max} = 33,79$ kNm

- przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.
Wykorzystanie nośności przekroju 88%

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

- belka podpierająca szafy GSM

(ponieważ pomieszczenie GSM będzie zamykane uwzględniono w nim ciężar szaf, ale przy obc. użytkowym

$$p_{gsm} = 1,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,1 \text{ m} / 2 = 0,83 \text{ kN/m} \quad \gamma_f = 1,5$$

obciążenie od szaf zadano w postaci sił skupionych od wymiarów stalowych pod szafami

Wartość reakcji od szafy GSM

$$P_{gk} = 7,7/4 = 1,93 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$

Reakcja skupiona od odcinka ściany p-poż, prostopadłej do belki

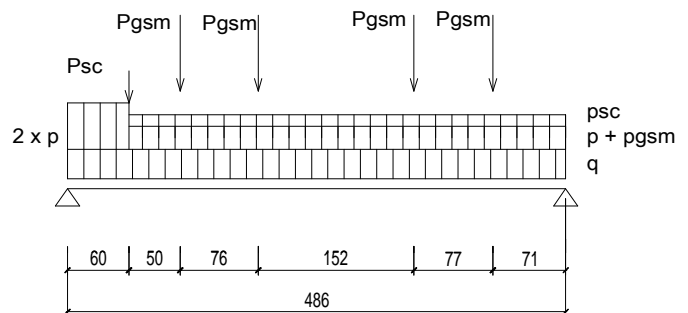
$$P_{sc} = p_{sc,k} \times 1,1/2 = 2,2 \times 1,1/2 = 1,21 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,15$$

obciążenie od ciężaru stropu

$$q_k = 3,12 \times 1,1 = 3,43 \text{ kN/m} \quad \gamma_f = 1,15$$

obciążenie użytkowe

$$p_k = 5,0 \times 1,1/2 = 2,75 \text{ kN/m} \quad \gamma_f = 1,5$$



obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop2_2N.rmt]

$$M_{max} = 43,7 \text{ kNm}$$

- przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Przekroczenie nośności przekroju o 14%

Ze względów technologicznych należy belkę wymienić na nową belkę HEA200 ze stali S235 J0.

obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop2_2N.rmt]

Wykorzystanie nośności przekroju stalowego 80%

W belce zaprojektowano połączenia montażowe, działac ją na odcinki: 1,35m - 2,23m - 1,35m (z uwzględnieniem 0,15m podparcia na podporze)

Siły w miejscu połączenia :

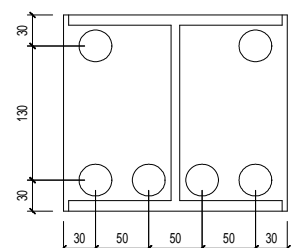
$$M_{pol} = 35,4 \text{ kNm} \quad V_{pol} = 17,0 \text{ kN}$$

$$\text{połączenie doczołowe } 4 \times M20 \text{ kl. 6.8 (SRt = 95,6 kN)} \quad R_m = 600 \text{ MPa}$$

$$\text{Ramię siły: } y = 190 - 30 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = 0,9 \times 4 \times 95,6 \times 0,155 = 53,3 \text{ kNm} > 35,4 \text{ kNm} \quad (\text{połączenie będzie wzmocnione dwoma żebrami pion.})$$

$$\text{Grubość blachy czołowej: } t = d (R_m/1000)^{1/3} = 20 (600/1000)^{1/3} = 17 \text{ mm.}$$



Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieżę kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

W polach sąsiadujących z wymienianą belką należy wykonać nowy strop - płytę żelbetową o gr, 80mm.

Z uwagi na wysokość belek zaprojektowano jednoprzęsłowe odcinki płyty

Obciążenia stałe:

	q _k [kN/m]	γ _f	q [kN/m]
płyta: 0,08x25 =	2,00	1,35	2,70
q Σ	2,00		2,70

Obciążenia zmienne jak w p. 2.2 (przyjęto, że ciężar ściany pomieszczenia będzie przyłożony wyłącznie do belki.

Obliczenia wykonano programem RM_WIN [plyta_2.rmt]

Maksymalny moment przęsłowy pod szafami GSM M_{max} = 3,1 kNm

Maksymalny moment przęsłowy na stropie przy schodach M_{max} = 1,22 kNm

Beton C25/30

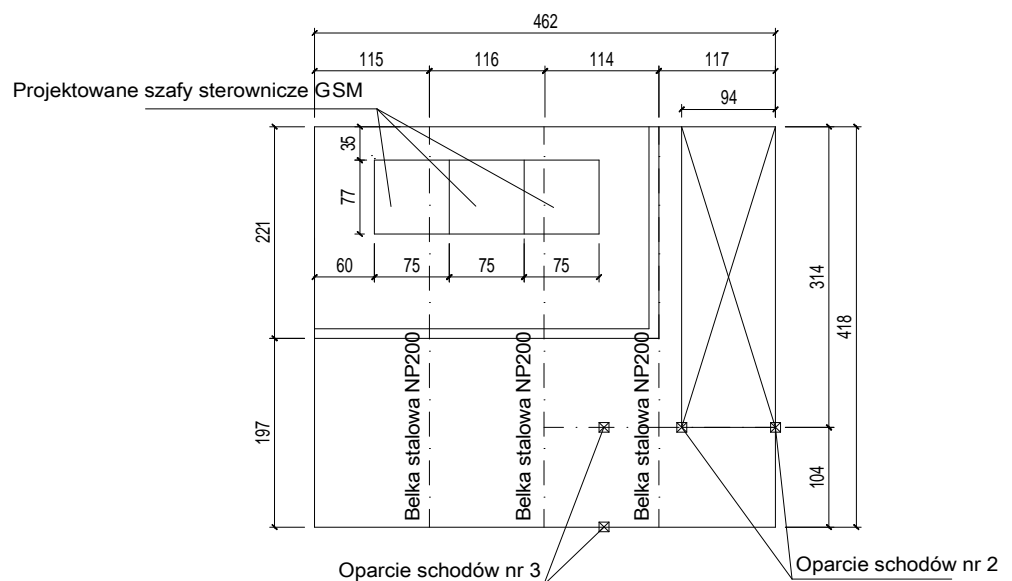
Stal AIIIIN

otulina 20mm

w przęśle pod pomieszczeniem GSM (dołem i górą) zastosowano zbrojenie #8 co 16cm

w przęśle przy schodach zastosowano zbrojenie #8 co 20cm (dołem)

2.3 Strop na poziomie 24,86.



Obciążenia

- płyta stropu (jak w poz. 2.1, ale z dodatkową wylewką betonową gr. 10mm)

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

	qk [kN/m2]	γf	q [kN/m2]
- strop ceramiczny (105mm pustak+70mm cegła+25mm beton/tynk+10mm wylewki) $g_{mh} = 13 \times 0,105 + 18 \times 0,07 + 20 \times 0,025 =$	3,33	1,35	4,50
- szafy sterownicze GSM (przyjęto dla przewidywanej, najcięższej szafy) (5kN+2,2kN+0,5kN)/(0,77x0,75) = 7,7kN / 0,58m2	13,30	1,50	19,95
- obciążenie użytkowe (zwiedzający)	5,00	1,50	7,50
Reakcja od belki policzkowej schodów 2:	Gk [kN/m2]	γf	G [kN/m2]
belka B1.1			
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	0,77		0,99
- od obciążeń zmiennych	3,13		4,69
łącznie:	3,9		5,68

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów
(z uwzględnieniem współczynnika kombinacyjnego dla obc stałych $0,85 \times 1,35 = 1,15$): $\gamma_f = 1,43$

Reakcja od belek policzkowych schodów 3:	[kN/m2]	[kN/m2]
belka skrajna (B2.1):		
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	0,88	1,12
- od obciążeń zmiennych	3,54	5,31
łącznie:	4,42	6,43
belka wewnętrzna (B2.2):		
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	1,00	1,30
- od obciążeń zmiennych	4,06	5,98
łącznie:	5,06	7,28

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów
(z uwzględnieniem współczynnika kombinacyjnego dla obc stałych $0,85 \times 1,35 = 1,15$): $\gamma_f = 1,43$

Obciążenie od ścianki wydzielenia p-poż dla urządzeń GSM:

	qk [kN/m2]	γf	q [kN/m2]
plyta cementowa Aquapanel outdoor 12,5mm	0,16	1,35	0,22
wełna mineralna 60mm: $0,06 \times 1,2 =$	0,07	1,35	0,09
plyty GK 2 x12,5mm (12,0 x 0,025) =	0,30	1,35	0,41
stelaż metalowy	0,10	1,35	0,14
p1 Σ	0,63		0,85

- na 1m długości ściany: o wysokości Hsc = 3,50m

- o wysokości Hsc = 2,85m (pod schodami):	psc1,k =	1,80 kN/m	psc =	2,43 kN/m
- o wysokości Hsc = 4,75m (pod stropem):	psc2,k =	2,99 kN/m	psc =	4,04 kN/m

2.3.1 Sprawdzenie nośności płyty stropu wg schematu muru rozpiętego łukowo

(p. 5.3.3 wg PN-B-03002:2007)

f_{mv} - przyjęto dla zaprawy f_m = 0,4MPa

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

grubość części nośnej stropu $t = 0,185$ m wg. Ekspertyzy:

rozpiętość stropu $l_1 = 1,16$ m f_{mv} [MPa] = 1,06

jednostkowe obciążenie obliczeniowe: $q_{Rd} = f_d \times (t/l_1)^2$ Ponieważ obliczenia dotyczą wykonanej konstrukcji współczynnik γ_m zredukowano

$q_{Rd} = 12,25$ kN/m² $\gamma_m = 2,2$

$q_{Rd} > q_{rs1} = (4,50 + 7,5) = 12,00$ kN/m² $q_{Rd} < q_{rs2} = (4,21 + 19,95) = 24,16$ kN/m²

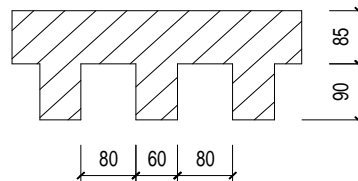
wartość obliczeniowa siły rozporu:

Sprawdzenie nośności stropu na ścinanie f_d [MPa] = 0,48

Pole czynnego przekroju muru:

$W = 0,020712$ m³

$A = 0,1242$ m²



- wytrzymałość na ścinanie:

$f_{vk0} = 0,1$ MPa

$V_{sd} = (q_{rs} \times l_1^2) / 8 \times 0,8 \times t = 12,87$ kN/m

naprężenia normalne w stropie $\sigma_d = V_{sd}/A = 103,58$ kPa ($f_m = 1$)

$V_{Rd} = (f_{vk0}/\gamma_m) \times A + 0,4\sigma_d = 47,08$ kN/m $\gamma_m = 2,2$

$q_{rs} = 3,33 \times 1,35 \times 0,85 + 5,0 \times 1,5 = 11,32$ kN/m² $< q_{rd} = 12,25$

$V_{rs} = 11,32 \times 1,15/2 = 6,51 < V_{rd} = 44,20$

Nośność stropu ceramicznego pozwala na przeniesienie obciążeń od zwiedzających, ale jest niewystarczająca do przeniesienia pozostałych obciążeń (od szaf GSM, i schodów oraz ściany p-poż).

Należy zablokować możliwość poprzecznych przemieszczeń żeber stalowych przy otworach przez ich stężenie ze sobą żebrami poprzecznymi (rozdzielczymi).

Pod ścianą wydzielenia p-poż, pod belkami schodów i pod centralami należy w stropie wykonać żebra poprzeczne.

2.3.2 Sprawdzenie nośności belek stropu

Przyjęto, że belki stropowe, o przekroju NP. 200 wykonane są ze stali o granicy plastyczności $f_{yd} = 180$ MPa

- **belka podpierająca schody i ścianę podłużną pomieszczenia GSM**

rozpiętość belki $L_s = 4,18$ m

$L_0 = 1,05L_s = 4,39$ m

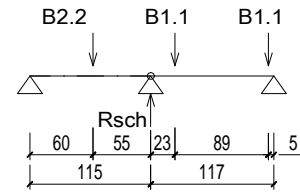
Obciążenia stałe:	q_k [kN/m]	γ_f	q [kN/m]
- ciężar własny stropu $q_1 = 3,33 \times 1,15 =$	3,83	1,15	4,40
- ciężar stropu przy otworze na schody $q_2 = 3,33 \times (0,23 + 1,14/2) =$	2,66	1,15	3,06
- ciężar ścianki leżącej na belce $q_{sc} =$	2,99	1,15	3,44
- siła skupiona od ścianki prostopadłej do belki: $Q_{sck} = 2,99 \times 1,14/2 = 1,70$ kN.		$\gamma_f = 1,15$	
- siła skupiona - reakcja od belek schodów (stałe i zmienne razem)			

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

wymiany schodów sprawdzono programem RM_WIN [wym_sch_3_1.rmt]

$R_{sch} k = 6,19kN$ $\gamma_f = 1,43$

Jako profil wymianu przyjęto HEA 120 (ze względów konstrukcyjnych)



pk [kN/m] γ_f p [kN/m]

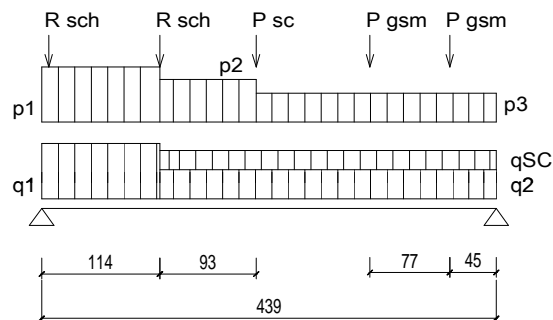
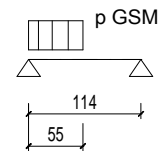
Obciążenia zmienne:

- użytkowe - na wysokości spocznika $p_1 = 5,0 \times 1,15$ 5,75 1,50 8,63
- pomiędzy spocznikiem a pomieszczeniem GSM $p_2 = 5,0 \times (0,23 + 1,14/2) =$ 4,00 1,50 6,00
- wzdłuż pomieszczenia GSM $p_3 = 1,5 \times (0,23 + 1,14/2) =$ 1,20 1,50 1,80

- reakcje punktowe od wymianów szafy GSM

$p_{GSM} k = 7,7 / (2 \times 0,75) = 5,13kN/m$

$R_{GSM} = 0,73kN$ $\gamma_f = 1,5$



obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop3_1.rmt]

$M_{max} = 33,4kNm$

- przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Wykorzystanie nośności przekroju 87%

- **belka wewnątrz pomieszczenia GSM podpierająca schody**

rozpiętość belki $L_s = 4,18 m$

$L_0 = 1,05L_s = 4,39 m$

Obciążenia stałe:

qk [kN/m] γ_f q [kN/m]

- ciężar własny stropu $q_1 = 3,33 \times 1,15 =$ 3,83 1,15 4,40

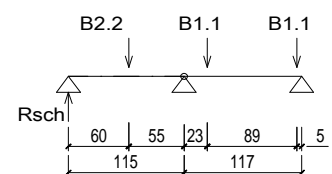
- siła skupiona od ścianki prostopadłej do belki:

$H_{sr} sc = 4,0m$ $Q_{sch} = 0,63 \times 4,0 \times 1,15 = 2,90kN$ $\gamma_f = 1,15$

- siła skupiona - reakcja od belek schodów (stałe i zmienne razem)

wymiany schodów sprawdzono programem RM_WIN [wym_sch_3_1.rmt]

$R_{sch} k = 2,51kN$ $\gamma_f = 1,43$



Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Płyta żelbetowa:

z uwagi na warstwy spadkowe do obciążeń przyjęto płytę gr. 100mm, natomiast do wymiarowania - 80mm

	qk [kN/m]	γf	q [kN/m]
płyta: 0,10x25 =	2,50	1,15	2,88
beton w fałdach blachy: $25 \times (0,08 + 0,035) \times 0,5 \times 0,035 \times 1,0 / 0,206 =$	0,24	1,15	0,28
ciężar szalunku blacha T35 gr. 0,7m, pozytywny	0,06	1,15	0,07
q Σ	2,80		3,22

Obciążenia zmienne:

	pk [kN/m]	γf	p [kN/m]
użytkowe 5,0	5,00	1,50	7,50

Wykorzystano współczynnik kombinacyjny wg wzoru 6.10b Normy PN-EN 1990_2004

- dla obciążeń stałych $\gamma_f = 1,35 \times 0,85 = 1,15$

Obciążenia od schodów:

Reakcja od belek policzkowych schodów 3:	[kN/m ²]	[kN/m ²]
belka skrajna (B3.3.1):		
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	2,51	3,30
- od obciążeń zmiennych	4,36	6,54
łącznie:	6,87	9,84
belka wewnętrzna (B3.3.2):		
- od obciążeń stałych i ciężaru własnego	1,93	1,30
- od obciążeń zmiennych	4,79	7,18
łącznie:	6,72	8,48

Przyjęto globalny wsp. obciążenia dla schodów

(z uwzględnieniem współczynnika kombinacyjnego dla obc stałych $0,85 \times 1,35 = 1,15$):

$\gamma_f = 1,43$

Obciążenia od stelaża dzwonnicy:

- przyjęto maksymalne reakcje na jedną belkę ze schematu ramy nad wejściem ze schodów:

S1max k = 4,55 kN S1 max = 6,40 kN

- towarzyszące reakcje minimalne na drugiej belce

S1 min k = 1,23 kN S1 min = 1,46 kN

Obciążenia od ściany wydzielenia pożarowego z niższej kondygnacji

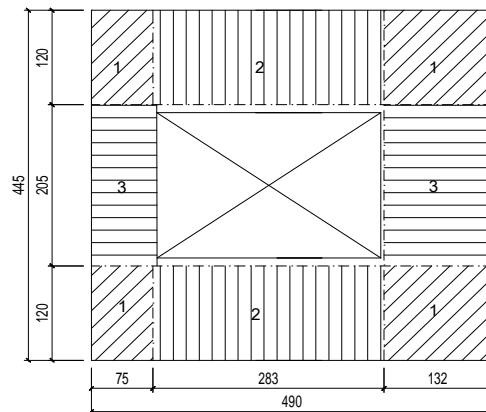
obudowa p-poż pionowa (przyjęto, że 50% ciężaru przejmie belka schodów

pk sc min = 0 pk sc max = $0,63 \times 0,5 \times 1,80 =$ 0,57 kN/m $\gamma_f = 1,15$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieżę kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

2.4.1. Sprawdzenie nośności płyty żelbetowej

Obciążenie zmienne przyłożono do płyty w trzech przypadkach wg schematu poniżej:



Siły wewnętrzne w płycie żelbetowej wyznaczono przy użyciu programu PlaTo

Wykonano 3 modele obliczeniowe:

- z podciągami o wys. 0,7m [taras_1.pos]
- z podciągami o wys. 0,3m [taras_2.pos]
- ze ścianami zamiast podciągów (do wyznaczenia reakcji od płyty na podciągi) [taras_3.pos].

Wartość maksymalnego ugięcia sprężystego (cz. wspornikowa - model sztywny) $u_{max\ spr} = 0,4\text{mm}$ [taras_1]

Wartość maksymalnego ugięcia sprężystego (podciąg - model wiotki) $u_{max\ spr} = 0,9\text{mm}$ [taras_2]

Maksymalne momenty w płycie (kombinacja z dwóch pierwszych modeli):

- przęsłowe $M_x\ max = 2,73\text{kNm}$ $M_y\ max = 2,84\text{kNm}$
- podporowe $M_x\ min = -1,76\text{kNm}$ $M_y\ min = -2,33\text{kNm}$

w płycie zaprojektowano zbrojenie siatkami prętów #8 w rozstawie 150x150mm górą i dołem.

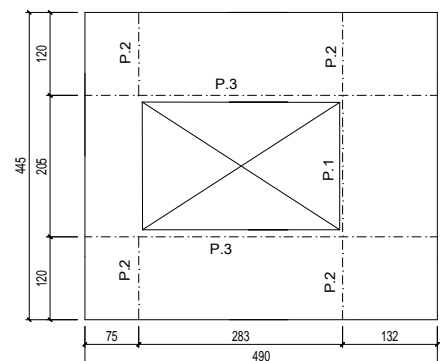
(beton C 25/30, stal AIIIIN)

Wartości reakcji od płyty na podciągi:

obciążenie zmienne + stałe - wart. charakterystyczne

- podciąg P1 $(q+p)k = 5,0\text{ kN/m}$
- podciąg P2 $(q+p)k = 11,0\text{ kN/m}$
- podciąg P3
 - odcinek środkowy $(q+p)k = 5,6\text{ kN/m}$
 - odcinki skrajne $(q+p)k = 11,5\text{ kN/m}$

$$\gamma_f = 1,372$$

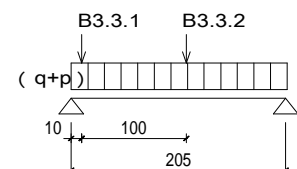


2.4.2 Podciągi stalowe pod płytą

Podciąg P1

obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop4_1.rmt]

$$M_{max} = 33,4\text{kNm}$$



Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

- przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.

- zastosowano przekrój 100HEA (stal S235 J2)

Wykorzystanie nośności przekroju 60% ugięcie bez współpracy z płytą: 3,6mm.

Przekrój należy zespolić z płytą - łącznikami trzpieniowymi o śr. 12mm, w dwóch rzędach, w rozstawie 200mm

Reakcje podporowe na podciąg P3:

R p1 k = 14,95 kN

R p2 k = 9,23 kN

R p1 = 21,02 kN

R p2 k = 12,86 kN

Podciąg P2

obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop4_2.rmt]

Mmax = 2,75kNm

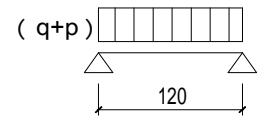
- przekrój zabezpieczony przed zwichrzeniem.

- zastosowano przekrój 100HEA (stal S235 J2) - ze względów konstrukcyjnych (usztynwienie ścian)

Reakcje podporowe na podciąg P3

R p2 k = 6,70 kN

R p2 = 9,17 kN

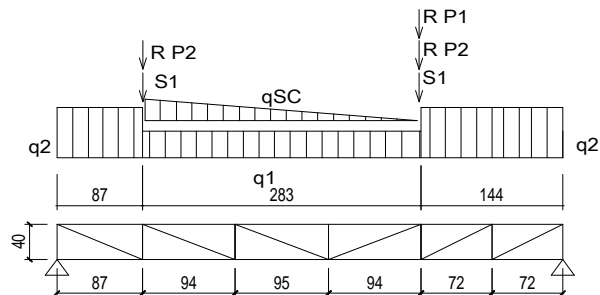


Podciąg P3

Sprawdzono belkę P3 przy schodach żelbetowych.

W celu uzyskania właściwej sztywności zaprojektowano przekrój kratowy

Schemat obciążeń:



obliczenia belki wykonano programem RM_WIN plik [strop4_3.rmt]

ugięcia belki z wpływem zespolenia z płytą sprawdzono w pliku [strop4_3_z.rmt]

stadium montażu (płyta+schody +montażowe 1,5kN/m2) sprawdzono w pliku [strop4_3_mont.rmt]

Przyjęto profile:

- pas dolny i górny oraz słupki skrajne HEA 100
- słupki przedskrajne 2 x C45
- pozostałe słupki i przyżulce C45

ugięcie sprężyste z wpływem zespolenia: uspr max = 3,4mm

Wymiarowanie łączników

Pole przekroju współpracującej części płyty żelbetowej: $A_c = 0,08 \times 0,60 = 0,048 \text{ m}^2$

Pole przekroju górnego pasa kratownicy (HEA 100): $A_a = 2,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$f_{yd} [\text{MPa}] = 215$

$f_{cd} [\text{MPa}] = 16,7$

$f_{ck} [\text{MPa}] = 25$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

Siła rozwarstwiająca na odcinku pomiędzy podporą, a środkiem przęsła (moment maksymalny):

$$N_{cf1} = A_a \times f_{yd} = 455,80 \text{ [kN]}$$

$$N_{cf2} = 0,85 \times A_c \times f_{cd} = 681,36 \text{ [kN]}$$

$$N_{cf \text{ min}} = 455,8 \text{ [kN]}$$

$$\text{Przyjęto łączniki sworzniowe o średnicy } d = 12 \text{ mm}$$

Nośność pojedynczego łącznika:

$$f_u \text{ [MPa]} = 420 \text{ (śruby klasy 5.8)} \quad \gamma_v = 1,25$$

$$Prd1 = (0,8 \times f_u \times \pi d^2 / 4) \gamma_v = 30,39 \text{ [kN]} \quad - \text{przyjęto wg PN-90/B-03200} \quad Prd1 = 26,4$$

$$Prd2 = 0,29 \times \alpha \times d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} / \gamma_v = 29,41 \text{ [kN]}$$

$$Prd \text{ min} = 26,4 \text{ [kN]}$$

$$\text{Liczba łączników: } n1 = N_{cf} / Prd = 17,27$$

Na odcinku $5,14 / 2 = 2,57\text{m}$ należy rozmieścić 18 łączników.

Łączniki należy rozmieścić w dwóch rzędach co 300mm.

3. OBLICZENIA STETRAŻA DZWONNICY

3.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

3.1.1 Obciążenia od dzwonu

na dzwonnicy zawieszone są dwa dzwony:

- dzwon 1 o średnicy 650mm i wysokości kielicha 550mm - masa ok. 191kg - czynny
- dzwon 2 o średnicy 690mm i wysokości kielicha 550mm - masa ok. 220kg - nieczynny

Oprócz masy statycznej dla dzwonu 1 wyznaczono wpływ oddz. dynamicznych wg DIN 4178:2005

$$\text{max. kąt obrotu dzwonu } \alpha = 67^\circ \text{ [tab. A.1]} \quad \lambda_{maxh} = 1 \quad \lambda_{maxv} = 1,25$$

$c = 0,82$ (przyjęto wg. Tabeli A.1 dla smukłego kielicha)

$$\text{siła pozioma } H1_{max} = 0,82 \times 1,91 \times 1 = 1,57 \text{ kN}$$

$$\text{siła pionowa } V1_{max} = 1,91 + 0,82 \times 1,91 \times 1,25 = 3,87 \text{ kN}$$

siłę poziomą przyłożono w dwóch kierunkach
w dwóch różnych schematach

$$\text{Dla dzwonu 2 przyjęto jedynie obciążenie statyczne} \quad V2_{max} = 2,2 \text{ kN.} \quad \gamma_f = 1,5$$

- ciężar jarzma i napędu dzwonu 1:

$$\text{jarzmo: } 2 \times C120 \quad L = 1,9 \quad 0,134 \times 2 \times 1,9 = 0,51 \quad - \text{przyjęto } 0,60 \text{ kN}$$

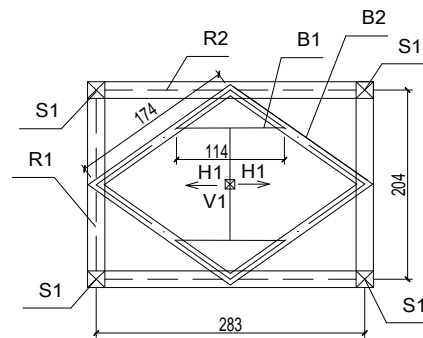
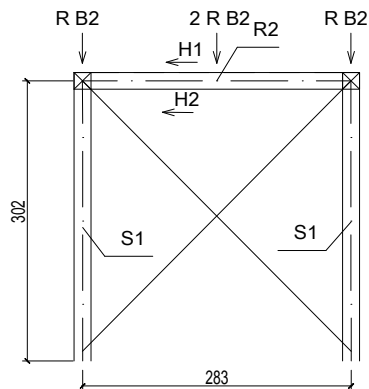
napęd elektromagnetyczny: przyjęto 0,4kN

Łącznie dzwon z jarzmem i napędem:

$$V1 \text{ k max} = 3,87 + 1,0 = 4,87 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$

$$H1 \text{ k max} = 1,57 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieżę kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony



Schemat dzwonnicy

3.2. ELEMENTY PODPIERAJĄCE DZWON

3.2.1 Belka B1

Belka przejmuje jedynie siłę pionową

Belka swobodnie podparta o rozpiętości $L_1 = 1,14\text{m}$

$$M_{\max} = (V_1/2)L/4 = 1,04\text{kNm}$$

przyjęto profil walcowany HEA 100

Reakcja pionowa od belki B1:

$$R_{B1k} = 1,32 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5 \quad \text{ugięcie} - 0,1\text{mm (pomijalne)}$$

3.2.2 Belka B2

Przyjęto, że belka B2 przyjmuje reakcję pionową od belki B1 oraz całą 0,5 siły poziomej od dzwonu

Belkę sprawdzono programem RM_WIN [dzwon_B2_1]

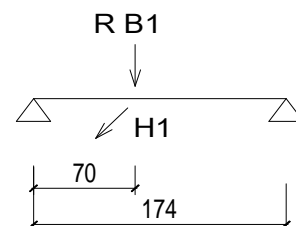
Przyjęto przekrój HEA 100

wykorzystanie przekroju (bez siły osiowej) 24%

ugięcie pionowe 0,2mm

Reakcja pionowa

$$R_{B2k} = 0,94 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$



3.2.3 Rama główna dzwonnicy

3.2.3.1 W płaszczyźnie większej rozpiętości

Oprócz siły poziomej od dzwonu ramę obciążono poziomą siłą niestateczności równą 0,15 reakcji pionowych podwieszanych elementów

$$H_2 = 0,15 \times 8 \times 0,94 = 1,13\text{kN}$$

Obliczenia wykonano programem RM_WIN [dzwon_R1_1]

Nr Projektu	10_021	Tytuł Projektu	Taras widokowy na wieży kościoła pw. św. Katarzyny w Zgierzu	KDB
Tytuł obliczeń	Sprawdzenie poziomych elementów nośnych, schodów i dzwonnicy			Nr strony

Przyjęto słupki i rygiel ramy z rur prostokątnych 120 x 120 x 6,3
 Ściagi z prętów Ø16.
 (stal S235 J2)

Reakcja podporowa od słupka ramy: $R1 R_k = 5,63 \text{ [kN]}$

$R2 R_k = 0,09 \text{ [kN]}$

Przemieszczenie maksymalne poziome szczytu ramy $w = 0,5 \text{ mm}$

Przemieszczenie pionowe (ugięcie) rygla ramy (model przegubowy): $u = 0,9 \text{ mm}$

3.2.3.2 W płaszczyźnie nad wejściem ze schodów (bez ściągów, z zastrzałami)

Ramę obciążono siłami pionowymi jak w p. 2.3.1

i siłą poziomą niestateczności $H2 = 1,13 \text{ kN}$

maksymalne przemieszczenia poziome : $w = 2,9 \text{ mm}$

Maksymalna reakcja podporowa od słupka ramy w tym kierunku:

$R1 R_k = 6,4 \text{ [kN]}$

