



#### 4. PRZEKRYCIA LUKOWE

5

##### 4.1. Charakterystyka ustrojów lukowych

Luki (konstrukcje bardzo ekonomiczne) = niewielkie momenty zginające na skutek obc.

• Momenty zginające zależą od kształtu osi luku, od dobrego schematu statycznego i rodzaju obc.

• Przekrycia lukowe > 100m, tam gdzie zachodzi potrzeba użytkowej pow. bezstropowej.

• Przekrycia ciemkościemne, element luku = przepona

• Luki: przekrycia hal fabrycznych, obiektów sportowych, hal wystawowych, hangarów lotniczych, mosty lukowe

• Luki (w zależności od kształtu, rozpiętości, obc.): drewno, metal, cegły, ciosy kamiennie, beton, żelbet.

• Najodpowiedniejszy do wykonywania konstrukcji lukowych jest żelbet.

(korzystne prace statyczne luku pozwala na max. wykorzystanie nośności przekroju betonowego przy min. zużyciu stali zbrojeniowej.)

• Pod względem konstrukcyjnym:

1. luki płytowe, 2. luki żebrowe, 3. ramoluki

• Ze względu na sposób podparcia:

1. luki podparte bezprzegubowo (mosty)  
2. " " przegubowo (budownictwo ogólnie i przemysłowe)

#### 4.2. PODPORY W KONSTRUKCJACH LUKOWYCH

6

• Podpory w ukł. lukowych = sprężyste lub sztywne

• W lukach dwu- lub trójprzegubowych odkształtywanie podpór = reakcja pionowa i pozioma.

• Reakcja pionowa = podpory

• Reakcja pozioma = ściąg lub konstrukcja wsporcza

• W przedziale oparcia luku na ścianach lub słupach, stosuje się ściąg po to, aby zapobiec nadmiernemu zginaniu konstrukcji podporowej.

• Ze względu na liczbę przęseł i sposób podparcia

1. luki jednoprzęsłowe

2. " wieloprzęsłowe

• Luki sztywne połączone z podporami = jednoprzęsłowe

• Jeżeli zespół luków, połączonych ze sobą momentowo, nie jest sztywno związany z konstrukcją podpierającą, = luki ciągłe (rys. 4.3a)

• Gdy luk żebrowy jednoprzęsłowy lub ciągły, połączony jest momentowo z podporami (słupami) = ramoluki

#### 4.4. Luki płytowe

7

Luki w przekroju poprzecznym mogą być o płycie trapezowej lub faliastej.

Luki płytowe oparte są na ciętych belkach węzłowych, w których zakotwiczone są ściąg w odstępach co 1,5 do 3,0 m.

Luki obl. jako mimosrodowo ściskane.

• Zbroj. luku składa się z prętów głównych i rozdzielających. Stosuje się  $\phi 6$  do  $\phi 12$  mm.

Procent zbroj.  $\mu = 0,5$  do  $1,5\%$ .

• W płytach o gr. do 80 mm zbroj. główne umieszcza się w jednym rzędzie u spodu płyty (rys. 4.8)

Płyty grubsze zbroi się symetrycznie po obu stronach przekroju.

• Na (rys. 4.8) przedstawiona jest konstrukcja decku lukowego bezżebrowego ze ściągami żelbetowymi.

Pręty nośne luku dachowego w miejscu podpory A przechodzą w konstrukcję sztywną.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

Wzrosty podporowe  $\Rightarrow$  momenty utwierdzenia = wiatadki. Pręty prawej podpory B te same pręty nośne luku dachowego łączą się ze stykami z prętami uzbrojenia sztywny.

#### 4.5. Luki żebrowe

8

• Dachy lukowe żebrowe, rozpiętości powyżej 20+25m, przeważnie wówczas gdy na dachu mają być umieszczone świetliki, wiatki z dachu.

Płyta dachowa opiera się bezpośrednio na żebroch (okwisach lukowych) lub też za pośrednictwem żebier podłużnych (płatwi).

(rys. 4.10).

• Rozstaw okwisów lukowych = 6-12 m

• Rozstaw żebier lukowych = co 6,0 m

• Luki żebrowe zbroi się symetrycznie (rys. 4.12) dozbrajając tylko niektóre przekroje, w których zbroj. symetryczne nie wystarczy.

• Ekonomiczne ilości zbroj. w przekroju luku żebrowego = od 1,5 do 1,8 %

• (rys. 4.11) = przegubowe połączenie luku ze słupem żelbetowym.

• (rys. 4.13) = dwa warianty przegubów w zworniku.

• (rys. 4.14) = przegub z łożyskiem stalowym przy oparciu węzłowie luku żebrowego na fundamencie.

#### 4.6. ŚCIĄGI I BELKI WĘZGLOWOWE

9

- Ściąg w łukach = stal okrągła (max. 3 pręty)
- W konstrukcjach łukowych płytowych ściąg kotwi się w belkach węzłowych (rys. 4.16)
- Belki te w płaszczyźnie poziomej są zginane rozpięciem łuku.
- Belki węzłowe w łukach płytowych - bezbrzgowych, doznają dwukierunkowego zgin.
- Projektując belkę węzłową przy łukach płytowych należy przestrzegać, aby:
  1. os łuku
  2. os ścięgu
  3. teoretyczna os podporowa
 przecinały się w jednym punkcie, celem uniknięcia skreślenia belki węzłowej.
- Ściąg z pręta okrągłego średnic  $d = 20$  do  $40$  mm
- Każdy z prętów ścięgu musi mieć niezależne urządzenie mocujące i wspólny elem. kotwiący
- Regulacja wlotkich prętów ścięgu = śruby rymskie
- Rozstaw ściągów w łukach płytowych max. 3 m.
- W dachach łukowych zebranych ściąg umieszczone są w płaszczyźnie łuków i nie wywołują zatem momentów zginających w belkach węzłowych, które pełnią rolę rymsu.
- Wierżaki podtrzymujące ściąg w dachach łukowych są rozciągane i wykonywane jako stalowe lub żelbetowe.
- Metody wyznaczania sił w ściągach: tensometry, pomiar zwisu, wymuszenie ugięć poziomych lub pomiar częstoty drgań własnych.

#### 5.3. POWŁOKI CYLINDRYCZNE (WALCOWE)

10

- (rys. 5.13 i 5.14) Elementy konstrukcji powłokowych walcowych:
  - a) powłoka o kształcie powierzchni walcowej
  - b) (rys. 5.13) elementy węzłowe a, w powłokach walcowych wielofalowych również i pachwinowe, mające kierunek tworzących powłoki.
  - c) przepomy poprzeczne oparte na ścianach lub słupach występujące w przypadku konstruowania powłok słupich.
- Gdy  $l_2 > l_1$  (rys. 5.14) = powłoka krótka
- Gdy  $l_2 < l_1$  = powłoka długa.
- Przepomy poprzeczne mogą być wykonane np. zardzew. w postaci sztywnej tarczy ze ściągami (rys. 5.13) jak i w postaci pełnych zamkniętych tarcz (rys. 5.14)

#### 5.3.1. Powłoki długie

11

- Powłoki wraz elementami węzłowymi pracują jako belki o krzywoliniowym przekroju o dużym momencie bezładności. Reakcje podporowe ze pośrednictwem sił stykowych przenoszone są na sztywne przepomy.
- Prześnienie sztywności konstrukcji (prace w kierunku podłużnym i poprzecznym) => grubość tarczy = min. i nie dł. powłoki nie stosować ściągów (łuki płytowe)
- Dł. fali powłoki = od 20 do 30 m
- Dł. fali powłoki = 20 m.
- Wysokość wzmieszenia powłoki  $\frac{1}{15} l_1$  i nie mniej niż  $\frac{1}{8} l_2$
- Powłoki dzielimy na:
  1. jednoprzestowe - oparte na 2. przepomy
  2. wieloprzestowe - podparte więcej niż dwiema przepomami
  3. wielofalowe składające się z kilku równoległych powłok, monolitycznie połączonych elem. węzłowymi i przepomami.
- Powłoki cylindryczne mogą być:
  1. gładkie
  2. żebrowane (pod lub nad płytą) (rys. 5.15)
- Żebra stosujemy, gdy dł. fali  $\geq 12$  m.
- Odstęp żebrowania 2:3 m
- Zastępcza grubość talerza powłoki:
 
$$d' = \sqrt[3]{\frac{12J}{b}}$$
 J - mom. bezład. żebra i płyty  
 b - odstęp żebrowania
- Poprzeczny przekrój podłużny powłoki = łuk kołisty (stateczny i prosty w wykonaniu)

#### 3. TARCZE (BELKI - ŚCIANY)

12

- 3.1. Wiadomości ogólne
- (rys. 3.1a) Jeśli proporcje elementu upodabniają się do pręta => w zakresie linowo-sprężystej pracy elementu przyjmuje się, że naprężenia normalne rozkładają się linowo.
- (rys. 3.1b) Belka - ściana, czyli tarcza => proporcje elementu upodabniają się do ściany, rozkład naprężeń mł w tym przypadku przebieg krzywoliniowy.
- TARCZA = elementy, których  $h$  jest  $>$  niż 0,4 rozpiętości  $l$  (rys. 3.2b) a w przypadku wsporników  $h > l_w$  ( $l_w$  - wys. wspornika).
- (rys. 3.2c) Gdy  $h$  tarczy  $>$  niż  $l$  (rozpiętość) ( $h > l$ ) => elementem nośnym jest jedynie dolna część tarczy o wysokości  $h = l$ , pozostała część nie bierze udziału w gładkiej pracy tarczy.
- (rys. 3.3a) Elementy tarczowe (nośne) przenoszące obr. na słupy w bunkrach i silosach (rys. 3.3b)
- (rys. 3.3c, d) Tarcze stropowe i stropodachowe = przekroczenie obr. poziomych na pionowe elem. sterujące.
- Zakwalifikowanie elementu jako tarczy = wymiar geometryczny.
- Tarcza = element obr. w jego płaszczyźnie symetrii
- Tarcza poddana obr. działającemu prostopadle do jej płaszczyzny = płyta

### 3.2. TARCZE JEDNOPRZESKOWE

13

- Tarcze, materiał izotropowy, umiarkowo-sprężysty ⇒ rozkład naprężeń zależy od wymiarów, geometrii, schem. statycznego, rodzaju i sposobu przyłożenia obc.
- $\sigma_x$  → naprężenie normalne || do osi tarczy
- $\sigma_y$  → " " ⊥ do osi tarczy
- $\tau_{xy}$  → styczne
- (rys. 3.6) Tarcza jednoprzęsłowa, swobodnie podparta, obc. równomiernie = naprężenia  $\sigma_x$  w przekroju środkowym w zależności od proporcji wymiarów (h/l)
- Wzrost stosunku  $h/l$  = wykresy odbiegają od prostoliniowych.
- (rys. 3.7a) Max. naprężenie rozciągające jest stałe dla całej środkowej części tarczy. Zmienne jest pole osi obrotowej i sumarycznie pow. naprężeń rozciągających.
- Przy obl. naprężeń  $\sigma_x$  bywa pomijane miejsce przyłożenia obciążenia
- Miejsce przyłożenia obc. ma decydujący wpływ na naprężenie  $\sigma_y$ .
- Gdy obc. działa na górną krawędź tarczy naprężenie  $\sigma_y$  = na całym obszarze tarczy się zwiększa ⇒ nie wymaga uwzględnienia przy zbrojeniu (rys. 3.7c)
- Gdy obc. dolnej krawędzi ⇒ rozciągające napręż.  $\sigma_y$  zanika ku górze (rozkład zbrojenia pionowego. (rys. 3.7b)

- 14
- Gdy np. ściana wielokomorowego silosu lub gdy są rozmieszczone pręmkami, na całej ich wysokości słupami + pilastrami podpierającymi ⇒ pionowe krawędzie tarczy mogą nie mieć pełnej swobody odkształcenia.
  - (rys. 3.8) = rozkład naprężeń normalnych w tarczach wzmocnionych pilastrami.
  - Pilastry nie wpływają w sposób zasadniczy na rozkład naprężeń  $\sigma_x$  i  $\sigma_y$ .
  - (rys. 3.9) = rozkład naprężeń stycznych na obszarze tarczy.
  - (rys. 3.10) = Zmienneści naprężeń stycznych można w istotny sposób zredukować, a max. ich wartości zmniejszyć wyodrębnienie przez wprowadzenie pilastrogłaz w postaci pionowych krawędzi słupy. Nawet niewielkich wymiarów pilaster tegoż wyodrębnienie przebieg naprężeń stycznych.
  - (rys. 3.12) = W przypadku tarczy wysokiej z wyodrębnionymi pilastrami przy krawędziach pionowych wykres naprężeń stycznych uśrednia się, przy czym występują dwa wyraźne ekstrema naprężeń wzdłuż wysokości.

### 3.3. TARCZE WIELOPRZESKOWE

15

- (rys. 3.11) = W tarczach ciągłych w miarę wzrostu stosunku  $h/l$  wykres naprężeń normalnych  $\sigma_x$  coraz bardziej odbiega od prostoliniowego
- Wykres naprężeń w przekroju podporowym częściej i silniej odbiega od prostoliniowego niż w przekroju przęsłowym.
- W przekrojach podporowych ramię sił wewnętrznych jest mniejsze niż w przekrojach przęsłowych.
- Sumaryczne siły rozciągające są w przekrojach podporowych o wiele większe niż w przekrojach przęsłowych

### 3.4. ZASADY KONSTRUOWANIA TARCZ

- Grubość nie mniejsza niż 14 cm.  
 $q_{max} \leq 0,1 \cdot b \cdot h \cdot R_b$ ; gdzie:  $h \leq 1$   
 $b$  → grubość,  $h$  → wysokości ściany  
 $R_b$  → wytrzymał. obl. betonu
- Tarcze powinny być sterzone na swojej górnej i dolnej krawędzi, aby zabezpieczyć je przed utratą stateczności.

### 3.5. ZBROJENIE PODSTAWOWE

- Ilość zbrojenia
- a) zbroj. ortogonalne ⇒ określa się w każdym pkt. cie tarczy główne naprężenie rozciągające i tak dobiera zbrojenie, aby to naprężenie zostało przez nie przyjęte. b) zbroj. trójosiowe

### 7. ZBIORNIKI NA CIECZE

16

- #### 7.1. Wstęp.
- Podziemne, powierzchniowe i nadziemne.
  - Nadziemne → przykryte lub otwarte
  - Zb. podziemne → magazynowanie wody i płynów łatwopalnych
  - Zb. powierzchniowe → spoczywają bezpośrednio na gruncie bądź są częściowo zagłębione.
  - Zb. nadziemne → na słupach, na wieżach
  - Ze względu na kształt geometryczny →
    - 1.0 kształt prostokątny
    - 2.0 kształt bryły obrotowej (przekrój kołowy)
      - jedno i wielokomorowe
      - całkowicie monolityczne
      - " prefabrykowane (poza dnem)
      - częściowo monolityczne
      - " prefabrykowane (przekrycie)
  - Zb. → stal miękka (zbrojenie) A-O i A-1
  - Zb. prefabrykowane → ukt. sprężone
  - Zb. otwarte, zagłębione w gruncie na dużą głębokość → ściany boczne zb. projektować jako mury oporowe kotowane lub żebrowo płytowe z dobrojeniem naroży.

## 7.2. ZBIORNIKI PROSTOKĄTNE

17

### 7.2.1. Charakterystyka ogólna

- Zb. prostokątne (rys. 7.1) → mniej ekonomiczne od zb. o przekroju kołowym
- Zb. prostokątne → wykonane z żelbetu albo betonu sprężonego
- Wymiary rzutu zb. żelbetowych prostokątnych → wysokość =  $\leq 8\text{ m}$
- Zb. prostokątne → otwarte lub zamknięte (złotwio podziemne)
- Przekrycie zb. prostokątnych → płyta
- Gdy większe wymiary → konstrukcja płytowo-żebrowa (bez słupów środkowych lub ze słupami) albo strop gzybkowy
- Przekrycia → monolityczne lub prefabryk.
- ŚCIANY BOCZNE w zb. → połączone z dnem w sposób sztywny bądź przegubowy lub też odizolowane od dna szczelną dyktacją.
- Górne krawędzie ścian w zb. zamkniętych → połączone z konstrukcją przekrycia w sposób sztywny bądź też przegubowy.
- Górne krawędzie ścian w zb. otwartych → swobodnie podparte, opierają się na poziomej ramie
- W zb. wielokomorowych ściany pionowe są monolityczne
- Wzajemnie przenoszą momenty zmostowanie
- Gr. ścian w zb. niskich → stała na ich wysokości.

- Gdy zb. wyższe → przekrój trapezowy o gr. zwiększającej się ku dółowi.
- Gdy duża powierzchnia ścian bocznych → pionowe żebra usztywniające (pomiedzy nimi → pionowe ściany sklepieniowe).
- DNA → płaskie
- Pochylenie → dudy beton
- Gdy słaby grunt, grube warstwa gruntu niesypowego bądź przy obecności wody gruntowej o znacznym parciu hydrostatycznym → projektować dno jako odwrócony strop płytowo-żebrowy lub gzybkowy
- Gdy grunt → wytrzymały i poziom wody gruntowej = poniżej dna → osobne fazy fundamentowe pod ścianami bocznymi oraz ścianami środkowymi; płyta denna → złączona z tażem konstrukcyjnie i malarycznie uszczelniona.
- Zb. prostokątne o mniejszych wymiarach → monolityczne niesprężone.
- Sprężenie jedynie w zb. prostokątnych o dużych wymiarach
- Spręża się całą konstrukcję (dno, ściany i przekrycie)
- Sprężenie → kable

18

### 7.2.2. OBL. ZB. PROSTOKĄTNYCH

19

- Zb. prostokątne monolityczne pracują jako ukł. przestrzenne.
- Rzeczywista praca zb. prostokątnego → teoria sprężystości
- W projektowaniu zb. podziemnych należy uwzględnić dwa ekstremalne stany obc. (rys. 7.2)
- Dla prostopadłościennych ukł. zb. → dwie metody uproszczone:
  1. ZBIORNIK → zespół płyt dwukierunkowo zbroj.
  2. ZBIORNIK → przestrzenny ukł. ramowy (Grämer)

### 7.2.2.1. OBL. ZB. TAKO UKŁ. DWUKIERUNKOWO ZGINANYCH

20

- Przy obl. zb. prostokątnego (ukł. płyt dwukierunkowo zginanych) przyjmuje się za podstawę określenie momentów zginanych płyt jednoprzestawnych w zależności od sposobu ich utwierdzenia na obwodzie.
- Gdy zb. sześcienny → stosunek boków  $\frac{b}{a} = 1,0$
- Gdy inny stosunek boków → powstają różnice momentów podporowych
- Płyta denna zb. spoczywającego na podłożu obl. jest stępem wody i przy założeniu niepodatliwego podłoża ulega tylko w tym przypadku wpływowi momentów utwierdzenia przekazywanym ze ścian zbiornika.
- Dno oparte (na obwodzie → licząc jako płytę połączone monolitycznie ze ścianami zbiornika, obl. stępem wody.
- Gdy niemożliwość zb. → występuje zginanie płyty, wywołane odpięciem gruntu od ciężaru ścian, przekrycia zb.
- Gdy zb. podziemny → zginanie płyty dennej znaczne (ciężar ziemi spoczywającej na przekryciu).
- Zginanie płyty dennej znaczne → gdy poziom wody gruntowej będzie powyżej posadowienia zbiornika.
- Zb. podziemne → zawsze nad zwierciadłem wody gruntowej.

- Oprócz momentów zginających należy też uwzględnić siły poprzeczne, występujące jako siły podłużne w ścianach prostokątnych do sąsiednich.
- Siły podłużne wraz z momentami wywołują mimośrodowe rozciąganie lub ściskanie w przekrojach ścian zb., w zależności od parcia ciężaru bądź parcia gruntu od strony zewnętrznej zb.

7.2.2.2. OBL. ŚCIAN ZB. METODA CRÄMERA

- Stosowane do obl. momentów zginających w ścianach zb.
- Istota metody polega na traktowaniu zb. jako ukt. dwóch krzyżujących się schematów konstrukcyjnych: jeden jest zamkniętą ramą poziomą, drugi zaś odpowiada schem. pionowego przekroju zbiornika.
- Przykład:  
Zbiornik jednokomorowy otwarty u góry o ścianach zamocowanych w dnie.  
• Parcie hydrostatyczne na ścianę boczną dzielimy tak, aby moment zamocowania ściany w dnie był obl. na parcie w postaci trójkąta (rys. 7.4) literą W, a pozostałe parcie (rys. 7.4) przez R, będzie wywoływało zainbowanie ściany w płaszczyźnie ukt. poziomym.

- Obl. zb. sprawdza się do obl. poziomych ram obl. parciem o wielkości odpowiadającej polu parcia R zależnie od głębokości, na której znajduje się obl. rama i do obl. wspornika pionowego na moment zamocowania ściany bocznej zb. w dnie pod obl. oznaczonym przez W.

- Obl. momentów narożnikowych (węzłowych) i przelotowych, które zginają ściany zb. w płaszczyźnie poziomej, oraz obl. sił podłużnych w ścianach przeprowadza się jak dla ram poziomych zamkniętych, z uwzględnieniem wysokości zb. na  $n$  odcinków o szer. zależnej od wysokości zb.  $H_0$  (np. 1m), przyjmując obl. każdej z ram za równomierne rozłożone na jej szer. (rys. 7.4).

7.2.3. WYMIAROWANIE I KONSTRUKCJA ZB. PROSTOKĄTNYCH

- PRZEKRYCIA ZBIORNIKÓW PROSTOKĄTNYCH → płyty jedno- lub dwukierunkowo zginane
- Grubość płyty monolitycznej w zb. podziemnych →  $\geq 9$  cm
- Rozstaw słupów w zb. podziemnych →  $\leq 4 \div 4,5$  m
- Przekrój słupów  $\geq 25 \times 25$  cm
- Gr. płyty stropu żebrowego  $\geq 9$  cm
- W monolitycznym stropie grzybkowym gr. płyty przekrycia  $\geq 15$  cm.
- W zb. podziemnych przekrycia prefabrykowane, nie mają możliwości przeprowadzenia sił rozciągających od ścian bocznych w czasie, gdy zb. jest napełniony, a ściany boczne nie są dosypane ziemią (brak bocznego parcia gruntu). W tych przypadkach przekrycia zb. sprzężają się poziomo ze pomocą kabli umieszczonych w korytkach utworzonych w płaszczyźnie przekrycia. Kable przebiegają krzyżowo.
- Aby zapewnić im było należy spróbować wód opadowych → pochYLENIE przekrycia zb. mechanicznych = 1:25
- (rys. 7.5) Połączenie ścian z przekryciem.

• ŚCIANY ZB. PROSTOKĄTNYCH →

- podlegają w płaszczyźnie poziomej jednocześnie działaniu momentu zginającego i siły rozciągającej.
- Płyty poziome →  $\geq 8$  mm,  $\geq 5$  sztuk na 1m
- Płyty pionowe → wyznaczamy na podstawie momentów zginających działających w płaszczyznach pionowych z uwzględnieniem ściskających sił pionowych.
- Gdy zbiornik ze ścianami bocznymi zamocowanymi w dnie → (najwięcej prętów pionowych potrzeba w pasmach przelotowych (u dołu ściany))
- W części górnej ścian jest ich mniej → spełniają rolę prętów montażowych.
- Gdy ściany boczne są oparte na słupach umieszczonych w narożnikach zbiornika i nie mają dodatkowych podpór → ściany te pracują jako belki, które działają tarcowo (belki-ściany) przenoszące ciężar własny i użytkowy na podpory słupowe.
- Zbrojony ściany na momenty zginające i siły podłużne od obl. poziomego
- Zbrojony ściany na momenty zginające powstające w pionowych przekrojach ścian od obl. pionowego.
- Gr. ścian bocznych w górnej części  $\geq 10$  cm i powinna zwiększać się ku dołowi w miarę wzrostu sił rozciągających i momentów zginających.
- W niskich zb. → stała gr. ścian bocznych na całej h.
- Pogrubienie ścian na zewnętrznej stronie zbiornika.

## KONSTRUKCJA ŚCIANY PIONOWYCH

25

bocznych ścian powinna zapewnić przejęcie ujemnych momentów zamocowania częściowego lub pełnego.

(rys. 7.8) Gdy ściana boczna zb. połączone jest z dość wąską ławą o małej sztywności, wówczas zamocowanie jej w ławie wypada niewielki tylko moment utwierdzenia (zamocowanie częściowe) i odpowiada ono raczej podporciu przegubowemu niż całkowitemu utwierdzeniu. Występuje to przy zb. o dużych wysokościach.

(rys. 7.8.a) Zdyktowaną płytę dęsną oparto na wsporniku ławy fundamentowej, a izolację wykonano między boczną krawędzią tej płyty a ścianą zbiornika.

Tak usytuowaną płytę przyjmuje się, gdy nie ma obaw, aby osiadanie płyty dęmej było większe od osiadanie ławy ściany zbiornika.

(rys. 7.8b) Aby uniknąć zajmujących momentów w dnie (mogłoby nastąpić opieranie się płyty dęmej na ławie).

Gdy opieramy ścianę na cieńszej płycie dęmej → zakładamy teoretyczny przegub w dolnej krawędzi zamiast przyjmować pełne utwierdzenie.

## DWA ZBIORNIKÓW

26

Płyty grube zbroi się zarówno górą, jak i dołem.  
Zbrojenie w płytach dęmych oddzielonych dyktacją od pionowych ścian zbiornika bież od ich fundamentu przyjmuje się (przy nieobecności wody gruntowej) tylko że względu na skurcz i odkształcenia termiczne betonu.

Gr. zbrojonej płyty dęmej  $\geq 8\text{cm}$

Posadowienie na podłożu z chudego betonu o gr.  $12 \div 25\text{cm}$

Pod ścianami oraz podporami → celowe jest posrubienie dna

Gdy podłoża gruntowe nie dostateczną nośność, aby przekazać obc. ze stupów środkowych ze pośrednictwem stop, wówczas zbrojoną płytę dęmną można połączyć z fundamentami ławowymi pionowych ścian lub stupami (stopami) przez uprzednie wbetonowanie krótkich prętów poziomych, do których następnie dobetonujemy się omawianą płytę dęmną. Tak wykonane fundamenty łączące z płytą dęmną posiadają się na dwojnym betonie.

Zb. podziemne posadowione poniżej zwierc. wody gruntowej zabezpiecza się przed wypłynięciem

Nadmiernej silej wyparu wody przeciwdziała się bądź przez powiększenie gr. ściany lub dna, bądź przez utworzenie konstrukcji dodatkowo obc. ukł. ad.

## 7.3. ZB. O PRZEKROJU KOŁOWYM

27

### 7.3.1. Charakterystyka ogólna

Zb. o przekroju kołowym są bardziej ekonomicznymi niż zb. o kształcie prostokątnym, gdyż ich boczne ściany, przekroje i dno pracują stołowo na rozciąganie lub ściskanie osiowe. Momenty zajmujące są niewielkie i mają mały zasięg działania.

Powierzchnia zb. jest utworzona przez obrot tworzącej (krzywej, prostej lub łukowej) dookoła osi pionowej.

Zb. mogą być jedno-, dwu- lub wielokomorowe.

(rys. 7.14) Zb. dwukomorowe są wygodne w eksploatacji i przy opróżnieniu jednej z komór (oczyszczanie lub naprawa) umożliwiają korzystanie z drugiej komory.

Komory w zb. podziemnych mogą mieć konstrukcję niezależną (łączyć się ze sobą kanałami podziemnymi bądź instalacjami rurowymi), lub mogą być skonstruowane centrycznie jedna w drugiej.

Można podzielić okrągły zbiornik betonowy ścianą przechodzącą przez jego środek.

## PRZEKRYCIA

28

Cienkościennie powłoki kopułowe (monolityczne lub prefabrykowane).

Kopuła opiera się na ścianach cylindrycznych z reąnty ze pośrednictwem wieńca pierścieniowego, który przejmuje rozpor przekroju.

W zb. podziemnych rozpor kopuły bywa duże ze względu na duże obc. (obc. miesopowym gruntem, obc. użytkowe naziemne) oraz z uwagi na najczęściej stosowany płaski kształt kopuły.

Więciec oddzielony od ścianek bocznych

Przekrycie kopułowe pracuje niezależnie od cylindrycznej części zb., przekazyując na nią poprzez wieciec pionową reakcję jako składową pionową siłą potuwnikowej kopuły przy wieńcu.

Niewielka masa wieńca

Uwzględniamy sprężyste zamocowanie kopuły w wieńcu podporowym

Uwzględniamy wpływ tego zamocowania na momenty zajmujące oraz wielkości sił wewnętrznych.

Należy wyeliminować zginanie w powłoce przekrycia przez zastosowanie krawędzi przejściowej → zb. o dużych średnicach.

- (29)
- Kopuła może być monolitycznie połączone ze ścianami cylindrycznymi części zb. ze pomocą wieńca ukrytego bądź bez niego.
  - Niewłaściwe jest stosowanie przekryć cienkościennych obrotowych w zb. podziemnych, posadowionych na gruncie o wysokim poziomie wód gruntowych, gdyż wobec braku podparcia dna we wnętrzu użytkowej przestrzeni wypór wody wywołuje momenty zginające w płycie dennej.
  - Racjonalne są przekrycia płytowo-żebrowe, stropy żelbetonowe bądź zb. w kształtach specjalnych (elipsoidalne obrotowe, tarasy kaliste, eliptyczne).
  - (rys. 9.17) w zb. o dużych dużych średnicach, gdy jednym słup środkowy nie wystarczy, stosuje się słupy o ułd. centralnym lub umieszcza się je w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach.

## ŚCIANY WALCOWE

(30)

- Monolityczne
- Ściany te podlegają dużym rozciąganiom, dlatego spręża się je strunami bądź kablami.
- Gr. ścian  $\rightarrow$  stała na całej wysokości w monolitycznych zb. niskich lub w zb. wysokich, ale przy zastosowaniu sprężenia.
- Gdy ściany są monolityczne, niesprężone, zmierzonych wysokości  $\rightarrow$  zmiennie limiowo gr. poszerzając je ku dołowi.
- Gdy sprężenie  $\rightarrow$  ściany walcowe mogą być wykonane z prefabrykatów żelbetonowych lub strunobetonowych.
- Niesprężone ściany walcowe łączą się z konstrukcją dennej monolitycznie.
- Traktuje się to połączenie jako utwierdzenie sprężyste.
- Gdy oddzielamy ścianę od dna sztywną dyktacją  $\rightarrow$  ścianę opieramy na pierścieniowej ławie, zapewniającej sprężyste zamocowanie w niej ścian.
- Walcowe ściany sprężone mogą opierać się na konstrukcji dennej w sposób przesuwny, aby sprężenie nie spowodowało powstania dodatkowych momentów zginających.

- (31)
- DNO zb. ma najczęściej postać płyty.
  - Unikaj płaskiej płyty dennej o dużej rozpiętości podpartej słupami w środku.
  - Rozpiętość można zmniejszyć przez zastosowanie np. ścian bocznych, składających się z dwóch części - walcowej i stożkowej.
  - Gdy ciśnienie hydrostatyczne gruntowej wody jest zerowe  $\rightarrow$  dno w kształcie sklepienia cylindrycznych odwróconych lub odwróconej kopuły.
  - Gdy grunt jest odpowiedniej mierności, wówczas, przy braku wody gruntowej, najwłaściwiej jest wykonać pierścieniowy fundament (na poziomej płycie dennej) monolitycznie związany ze ścianami bocznymi i płytę denną może być wówczas oddzielona od fundamentu sztywną dyktacją.

### 7.3.2. Obliczenie ZB.

I Etap:

- Obl. wg teorii betonowej (bez uwzględnienia zginania)

II Etap

- Uwzględnienie zaburzeń brzegowych
- W przypadku monolitycznego połączenia ściany cylindrycznej z dnem, pojawiają się w ścianie takie zwane zaburzenia brzegowe, przy których występują momenty utwierdzenia.
- Ściany zb. połączone z dnem przegubowo są wolne od zaburzeń brzegowych.