

4 Construcción y prefabricación de muros de contención de concreto reforzado.

4.1 Generalidades

Los muros de contención o de sostenimiento son aquellas construcciones que ofrecen estabilidad al suelo, cuando tienen lugar diferencias de nivel. (1)

El peso muerto en tales muros es un requisito de la mayor importancia, tanto para resistir el volcamiento debido a las presiones laterales de la tierra, arena o cualquier otro material de relleno, que se deposite detrás de el, después de su construcción ; como para resistir el desplazamiento horizontal motivado por las mismas fuerzas.

En todo el estudio que sigue, un muro de contención se representa como una estructura de dos dimensiones, teniendo un espesor unitario.

Dentro de la consideración de este tipo de estructuras, tiene importancia establecer la diferencia entre: los muros de contención y los llamados muros de revestimiento, ya que representando una estructura análoga tienen diferentes fines.

Los muros de contención tienen por objeto resistir presiones laterales, en tanto que los muros de revestimiento, sirven para evitar la caída de tierras que pertenecen en el sitio de su yacimiento, pero que se han excavado, dejando un parámetro vertical o inclinado.

4.2 Clasificación de muros de contención.

Los muros de contención pueden dividirse en dos grandes grupos, a considerar:

muros de contención flexibles

muros de contención rígidos o inflexibles

(1) Díaz de Cossio, Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado, Limusa México

Muros de contención flexibles

Son aquellos que están constituidos por elementos estructurales poco rígidos, sensibles a deformarse bajo la acción de cargas exteriores; tal como sucede con los tablestacados de madera. (2)

Los muros de contención, de madera tratada, se usan extensamente para retener los terraplenes en las obras de construcción en general. Estas construcciones son muy estables si se diseñan adecuadamente para las presiones que se considera que actuarán sobre ellas; y si se construyen bien y con madera tratada a presión, darán un servicio duradero con muy poco o ningún mantenimiento. La madera tratada a presión queda satisfactoriamente protegida contra la descomposición y es muy resistente a los ácidos que pueden estar presentes en el suelo.

El tipo más corriente de muro de contención, de madera, es el muro de tablestacas, sostenida en posición con pilotes guías y largueros de tablones gruesos. También los muros de tablones horizontales, aguantados por postes o pilotes redondos de madera, son comunes. La distancia entre los postes depende del empuje del terraplén y del espesor de los tablones horizontales, que son vigas continuas apoyados en varios puntos y cargadas uniformemente en toda su longitud por las presiones del relleno a sus respectivos niveles o cotas.

Para alturas de 2m o menos los postes de apoyo, hundidos hasta las profundidades convenientes, dan amplia protección contra los vuelcos, inclinaciones o desplazamientos, sin necesidad de amarres ni esfuerzo lateral alguno, a menos que se trate del suelo mas pobre que se pueda imaginar. Si los muros llegan a mayor altura, se deben anclar a muertos

(2) Arq. José Creixell M., Estabilidad de Las Construcciones, Continental S. A.

o a pilotes de anclaje, usando varillas o cables que generalmente se equipan con torniquetes para facilitar el ajuste. También se refuerzan estos muros con pilotes inclinados.

Muros de contención rígidos

Son aquellos en los cuales las deformaciones producidas por el empuje del relleno son tan pequeñas que pueden ser despreciadas. Esta condición se verifica en los muros realizados en hormigón y en mampostería. (3)

Debido a lo frecuente que se presentan en la práctica, se considera únicamente el estudio de los muros de contención rígidos.

Este tipo fundamental de estructura, se subdividen en cuatro grupos principales, a saber:

Muros de contención: de gravedad
 en voladizo
 semigravifíco
 contrafuertes

Muros de gravedad

Estos muros de contención son los que dependen enteramente de su peso para lograr la estabilidad necesaria.

El concreto sin refuerzo o hasta la propia piedra colocada, constituyen un material adecuado para su construcción. La característica fundamental del diseño en este caso,

(3) Arq. José Creixell M., Estabilidad de Las Construcciones, Continental S. A.

consiste en mantener el eje de compresión dentro del tercio central de la sección transversal.

Muros en voladizo.

Estos muros, son generalmente estructuras de concreto armado, en las que se emplea el peso propio del suelo para lograr la estabilidad deseada.

Los elementos fundamentales de este tipo de estructura son:

- a) tronco
- b) pie
- c) talón

Estos tres elementos, se diseñan cada uno como losa en voladizo.

Muros semigravificos

Este tipo de muro de contención, emplea un refuerzo ligero y es de construcción intermedia entre el tipo de gravedad y el del voladizo.

Muros de contrafuertes

Este tipo de estructura, se parece al muro de contención en voladizo y al igual que éste, logra su estabilidad mediante el peso del terreno.

El tronco y la base se unen en intervalos regulares, mediante contrafuertes, nervaduras o paredes de arriostramiento. Estas nervaduras actúan en la forma de arriostramiento en tensión y modifican totalmente los apoyos de las losas del tronco y

del talón. El tronco resulta una losa horizontal entre los contrafuertes o nervaduras y el talón es una losa apoyada en tres puntos.

4.3 Presión lateral.

El relleno colocado en la parte posterior del muro de contención, produce una presión lateral sobre el muro; esta presión se considera como el valor del empuje. Este empuje, análogamente a cualquier otra fuerza, se caracteriza por su magnitud, dirección llamada también línea de acción, sentido y punto de aplicación o centro de presión.

Es evidente que la presión ejercida por el relleno se incrementará cuando aumente su peso; ya sea por el efecto de saturación o bien por la acción de alguna sobrecarga. Por esta razón, la parte del empuje que es causado por el suelo seco sin cohesión, se designa por: (E_c) , el causado por la presencia del agua, por: (E_a) y el causado por la sobrecarga, por: (E_s) . (4)

Las cohesiones del relleno o la supresión originadas por condiciones de saturación, pueden disminuir el valor de empuje total.

El problema principal en el análisis y diseño de los muros de contención, es la determinación del valor del empuje total (E) . El valor de este empuje total que actúa sobre un muro de contención, en la realidad, es variable y depende principalmente de las propiedades físicas y contenido de humedad del relleno.

Sin embargo, para el diseño de los muros de contención, debe emplearse un valor perfectamente definido del empuje total (E) , el proyectista debe considerar que el muro de

(4) R. Park T. Paulay, Estructuras de Concreto Reforzado, Limusa Balderas .

contención, al igual que cualquiera otra estructura, debe realizarse en la forma que satisfaga los requisitos de economía y seguridad.

El término economía y seguridad. El término economía, establece que el costo de la construcción con la suma del costo capitalizado del mantenimiento de la estructura, debe ser mínimo. Para satisfacer tal necesidad, el proyectista tiene como fuentes de información:

- 1.- formulas teóricas
- 2.- conocimientos empíricos de experimentos y observaciones sobre gran número de estructuras, tanto de tamaño natural como de modelos.
- 3.- experiencias ingeniérriles, así como el propio criterio del proyectista.

4.4 Estudio de los suelos

Por lo discutido anteriormente, podemos ver la importancia que tiene el realizar previamente al diseño de los muros de contención, un estudio del suelo, consiste generalmente en la investigación del perfil del terreno sobre el que se va a ejecutar la estructura; con el objeto de tener una idea, tanto de la existencia y elevación del agua subterránea, como de la naturaleza propiedades y comportamiento del suelo y del material de relleno.

El nivel al que se encuentra el agua subterránea, se conoce por medio de sondeos. Los resultados así obtenidos no son aplicables a cualquier época, puesto que las condiciones del agua subterránea varían de una estación a la otra; siendo el nivel mas alto el de la época de lluvias. Sin embargo la información obtenida da una idea clara del comportamiento del escurrimiento y de su poder erosivo.

Los sondeos se complementan con la excavación de pozos a cielo abierto, de los que se pueden extraer muestras inalteradas que analizadas en el laboratorio junto con las del

material de relleno, nos indicarán la naturaleza y por lo tanto las propiedades y comportamiento, del suelo y del material de relleno.

El estudio de los suelos es básico por los fines de la determinación del empuje total ejercido por el material de relleno sobre el muro de contención pues el comportamiento es distinto para rellenos arcillosos, de arenas o de una mezcla de los dos, si está constituido por grava o canto rodado, si es de limos, de margas, etc. (5)

Los rellenos arcillosos son malos y de difícil drenaje por que conservan el agua y al mojarse se hacen plásticos e inestables. En cambio cuando estos rellenos están mezclados con arena, son excelentes. Los suelos arcillosos tienen una variante, cuando contienen carbonato de calcio y entonces se llaman margas; en su comportamiento son muy parecidos a los arcillosos.

Los suelos arenosos son inestables por su falta de cohesión y por lo tanto solo se pueden usar como materiales de relleno, así como en terraplenes, cuando se les protege y aísla de corrientes de agua. Entre los suelos arenosos hay un tipo, llamado de arenas movedizas debido a que el tamaño de las partículas es muy pequeño y se desalojan con el aire, desplazándose.

Los suelos de grava y canto rodado pueden drenarse fácilmente, pero para la construcción de terraplenes deben estar mezclados con arcillas, arenas y otros materiales, por razones de estabilidad.

(5) R. Park T. Paulay, Estructuras de Concreto Reforzado, Limusa Balderas .

Variedad de los suelos.

Es de esperarse que los suelos varíen considerablemente según el lugar. Es más, los suelos no poseen propiedades físicas sencillas, bien definidas y uniformes. Su

comportamiento bajo cualquier circunstancia representa la influencia combinada y la interacción de gran número de factores físicos, muchos de los cuales no es posible determinar directa y cuantitativamente.

A pesar de que los suelos en su comportamiento físico siguen las mismas leyes naturales que los demás materiales, su relación es más compleja y oscura. Se experimentan verdaderas dificultades al aplicar correctamente los principios de la mecánica a un material que no es homogéneo, ni uniforme, sino imperfectamente elástico, y cuyas relaciones esfuerzo-deformación no son bien definidas.

Aún cuando últimamente se han logrado grandes adelantos en las aplicaciones prácticas de la mecánica e los suelos; ya que se pueden estimar más exactamente las fuerzas y factores físicos, es sumamente difícil, debido a la variedad de los suelos, lograr que el diseño de los muros de contención sea un proceso plenamente racionalizado, de modo que se puedan obtener ventajas adecuadas en cuanto a seguridad, economía y construcción.

4.5 Criterio de diseño

Con el objeto de lograr la resistencia máxima de la obra con el gasto mínimo del material, el criterio de diseño se basa principalmente sobre los materiales disponibles, su apariencia, el espacio requerido, las fuerzas actuantes y finalmente, el costo.

Materiales disponibles

Los materiales disponibles para la realización de los muros de contención son tan variados, que puede emplearse desde la piedra de río a canto rodado, piedra partida o

piedra de cantería, tabique, concreto sin refuerzo, concreto armado; hasta cualquier otro material que tenga la necesaria resistencia para soportar los esfuerzos a que se someterá.

La selección del material más adecuado, se basa principalmente en la economía y en el aspecto final de la obra; así por ejemplo: los muros usados conjuntamente con edificios i en áreas residenciales son, a menudo, de tabique o de mampostería ya que en la mayor parte de los casos van revestidos. Los muros en arenas industriales o adyacentes a puentes y presas son, por lo general, de hormigón.

Para obtener la mayor economía posible, se empleará siempre material disponible de la región en la que se realiza la obra.

Apariencia

Además de la importancia que tiene la selección del material más adecuado, la apariencia juega un papel importante. Los muros no pueden diseñarse con paramentos verticales, debido a que un ligero basculamiento, natural en este tipo de estructuras, hará que se inclinen hacia fuera y luzcan inestables, aún cuando sean seguros. Para una apariencia estable, es mejor proveer al paramento exterior con una inclinación hacia adentro de: 1 por cada 10 mínimo.

Espacio requerido

El espacio es un factor importante en el diseño de los muros, puesto que la función de los muros de contención es hacer mejor uso del espacio a nivel, que con una pendiente natural.

Fuerzas actuantes

Las magnitudes de las fuerzas actuantes sobre el muro en consideración, determinan categóricamente el tipo de estructura que debe emplearse.

Costo

El costo y la disponibilidad de los materiales y de la mano de obra, son factores determinantes en la selección del tipo mas adecuado de muro de contención.

La piedra es costosa en algunos lugares y requiere además, mano de obra especializada. El concreto sin refuerzo es relativamente fácil de cimbrar y no requiere acero, pero pueden necesitarse cantidades excesivas de dicho material. El hormigón armado es económico para estructuras grandes, pero necesita: acero, cimbrados y concreto de alta calidad.

Consideraciones importantes

El amplio uso de los muros de contención está plagado de muchos fracasos, por que los diseños se basan en reglas y fórmulas que solo satisfacen condiciones limitadas. Un muro de contención que satisfaga plenamente los requisitos de diseño, deberá comprender lo siguiente:

- 1.- El muro ha de ser estructuralmente capaz de soportar las presiones del material de relleno, ubicado en su parte posterior.

2.- Los cimientos del muro han de ser capaces de soportar, tanto el peso de éste, como la fuerza resultante de la presión del relleno que actúa sobre él, sin dar lugar a:

- a) volcamiento o a la falla del suelo
- b) deslizamiento del muro y del cimiento.
- c) asentamiento indebido.

La presión del relleno contra un muro de contención depende de las condiciones de deformación o basculamiento del muro, de las propiedades del suelo y de las condiciones de humedad. Para mayor economía, los muros de contención se diseñan generalmente para presión activa, tal cual desarrolla en un relleno seco sin cohesión; pero es posible un diseño para cualquier condición de rendimiento, suelo y agua.

En el pasado, con el objeto de racionalizar el proceso de la determinación de empuje total ejercido contra un muro de contención por el material de relleno, se formularon una serie de teorías sobre el comportamiento de los suelos; entre las cuales encontramos las desarrolladas por: Coulomb en 1773, Poncelet en 1840, Rankine en 1856, así como la de Muller-Breslau y las más recientes, como son las de Terzagui, Parsons, Jenkin, Revhann, etc. Estas investigaciones dieron origen al desarrollo de la mecánica de los

44

suelos como una nueva rama del conocimiento de la ingeniería.

En la actualidad el conocimiento del empuje de tierras, se encuentran plenamente localizado entro del campo de la mecánica de los suelos y para diseñar con seguridad tales estructuras, como son los muros de contención, es esencial poseer condicionamiento cabal de la naturaleza, propiedades y comportamiento general del suelo, con el objeto de conocer la naturaleza de la presión de la tierra y de la capacidad soportante del suelo.

4.6 Procedimiento constructivo de muros de contención de concreto.

El proceso de fabricación de los muros de contención es el siguiente:

1) Colocación de los moldes y colado del elemento horizontal del muro

La colocación de los moldes se hace sobre un firme que tiene que estar perfectamente nivelado se procede a colocar la parte inferior del molde del muro de contención prefabricado, esta parte inferior alojara la zapata del muro.

El molde tiene que tener en su parte inferior la medida del ancho de la zapata y en su parte superior la misma medida pero incrementada 3 cm. y de peralte el espesor que de el calculo estructural.

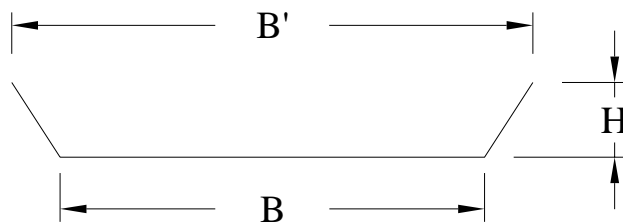


Fig. 4.1

45

La razón de que el molde sea más ancho en su parte superior que en la inferior es para lograr que se pueda desmoldar fácilmente y no se atore. Este molde es de lámina y dependiendo de los usos que se le vaya a dar será el espesor de la lámina. Se recomienda la lamina calibre 14 12 o 10, la decisión dependerá de la cantidad de piezas que se vayan a prefabricar.

Dentro del molde se colocan unos separadores que van a depender de la longitud que debe de tener el muro de contención prefabricado. En nuestro caso se esta proponiendo 50 cm. de largo para que en obra con 2 muros de contención prefabricados se cubra un metro de largo.

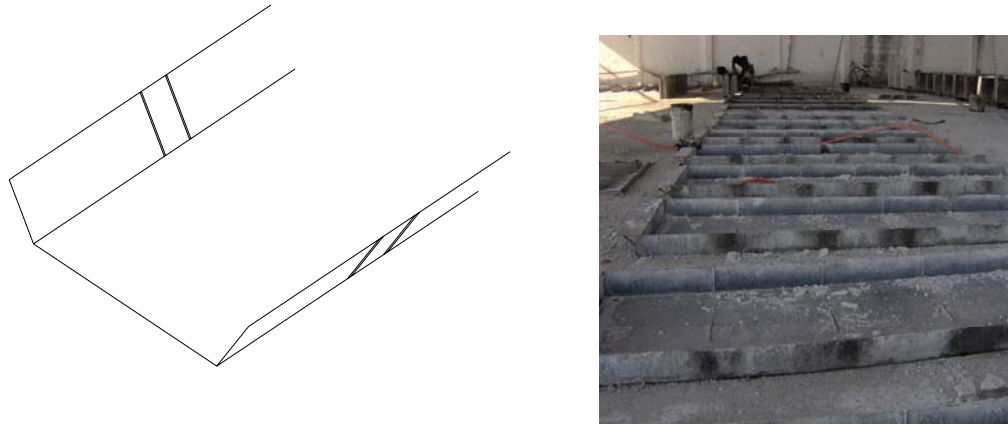


Fig. 4.2

Una vez colocado el molde se le aplica sobre este un aditivo de cualquier marca desmoldante, esto es con el objeto de que al momento de desmoldar no se pegue la pieza. Este molde inferior puede tener una longitud de 3 o 6 metros de largo, de tal forma que salgan 12 piezas prefabricadas por molde o 6 piezas.

Colocado ya el desmoldante se procede a colocar el armado de la zapata del muro de contención, acero horizontal, este armado puede hacerse con varilla o con mallas dependiendo del calculo, pero en ambos casos se tiene que colocar unos separadores en la parte inferior que nos garanticen primero, que el armado no se mueva y segundo que tenga el recubrimiento adecuado.

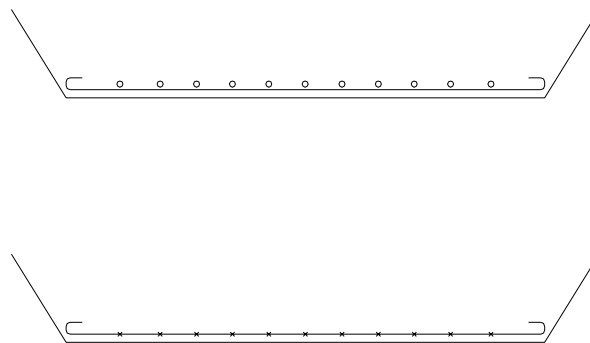


Fig. 4.3

2) Colado del elemento vertical del muro

Una vez colocado el molde horizontal se deberá proceder a colar e inmediatamente después del colado se colocara el molde vertical donde se alojara el alma del muro de contención.

El molde vertical deberá también ser de lamina con unos refuerzos que le den rigidez al molde y eviten que absorba el empuje que ejercerá el concreto al momento del colado.

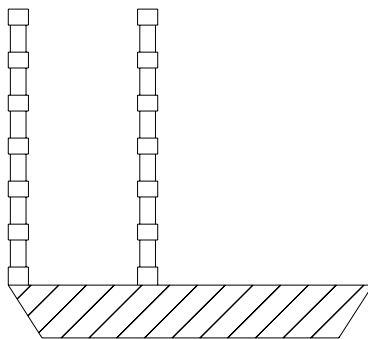


Fig. 4.4

Sobre estos refuerzos se colocaran unos separadores que atraviesan el alma del muro e impiden que este se abra en el momento del colado.

Para que estos separadores se quiten con facilidad quedaran ahogados dentro de un poliducto el cual evitara que se llenen de concreto. Estos separadores en sus extremos

tendrán de lado izquierdo extremo fijo y de lado derecho una tuerca con tornillo y rosca de tal manera que se puedan quitar y poner fácilmente.

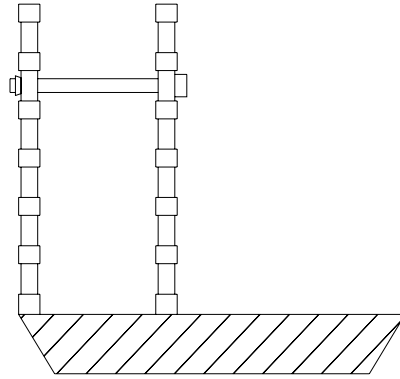


Fig. 4.5

Una vez colocado el molde vertical se procederá a colocar los separadores entre uno y otro muro de contención prefabricado, igual que se colocaron en el molde inferior. Antes de colocar el molde se deberá de impregnar del aditivo desmoldante para evitar que se pegue en el momento de desmoldar.

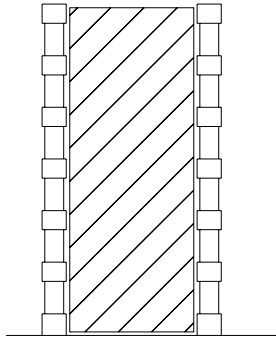


Fig. 4.6

El molde vertical ya colocado, plomeado y nivelado se procederá a introducir el armado del alma del muro de contención, acero vertical, introduciendo las varillas de anclaje para unir la pared vertical con la zapata horizontal, todos estos refuerzos se colocaran con separadores para lograr la colocación del acero en el lugar adecuado y también para lograr los recubrimientos adecuados.

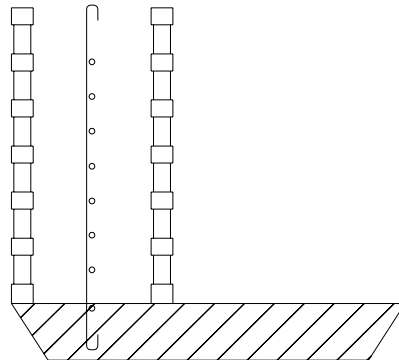


Fig. 4.7

Se recomienda que los separadores verticales estén a la misma distancia que los separadores inferiores.

El siguiente que se tiene que hacer es vaciar el concreto del alma, llenado el molde se colocara el vibrador de contacto y se vibrara el tiempo suficiente para que el concreto quede debidamente colado.

Se deberá de sacar cilindros para tener pruebas de laboratorio y garantizar que la resistencia del concreto con el que fue calculado se lleve a cabo en realidad, también se deberá de utilizar acelerante de fraguado en la mezcla con el objeto de poder desmoldar a las 24 horas y lograr la reutilización de los moldes lo antes posible.



Fig. 4.8

3) Desmolde de los muros de contención

Después de todo esto se continúa a desmoldar el alma del muro quitando los tornillos que le sirvieron de atezadores, se retiran los moldes verticales para luego proceder a retirar los cimientos prefabricados de los moldes horizontales.

Se llevan los muros al patio de almacenaje para poder clasificarlos y de ahí poderlos llevar a la obra.



Fig. 4.9