

SISTEMAS DE MUROS SEGMENTADOS CON BLOQUES DE CONCRETO Y REFUERZO DE GEOMALLAS UNIAXIALES

Ing. Hugo Egoavil Prerea⁽¹⁾, Ing. Mario Balbin Ruiz

1. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es mostrar las características, ventajas y diseño del sistema de muros segmentados con bloques de concreto y refuerzo de geomallas uniaxiales que se aplican en distintos tipos de obras civiles tales como muros de contención, plataforma de carreteras, intercambio viales, etc.

2. INTRODUCCIÓN

Los muros segmentados de contención vienen siendo utilizados recientemente en la construcción. La tecnología de muros de suelo reforzados ha sido desarrollada desde 1960 con un rápido crecimiento a partir del año 1985. Sin embargo la técnica de reforzar el suelo con elementos que absorban los esfuerzos de tensión es bastante antigua, el desarrollo de nuevos refuerzos plásticos en los últimos años ha posibilitado el uso más frecuente de éstos sistemas.

Los muros de suelo reforzado están básicamente formados por suelo, los elementos de refuerzos insertados en el suelo proveen el uso de inclinaciones deseadas en los taludes de los suelos. El refuerzo tiene la función principal de absorber los esfuerzos de tensión y minimizar las deformaciones. Los refuerzos deben de ir cruzando las posibles fallas para que puedan movilizar su resistencia y aumentar los factores de seguridad.

Elementos metálicos se utilizaban como elementos de refuerzos dentro de los suelos, actualmente con el avance de la tecnología se está utilizando refuerzos plásticos como las geomallas las cuales tienen mejor comportamiento anticorrosivo que los refuerzos metálicos. Estos refuerzos plásticos (geomallas) se combinan con los bloques de concreto conectados a través de pins formando de esta manera los muros segmentados de contención reforzados con geomallas uniaxiales.

3. VENTAJAS DEL USO DE SISTEMA DE MUROS DE CONTENCION SEGMENTADOS

3.1 Estética

Excelente apariencia estética es una de las principales ventajas en los muros segmentados. Esta ventaja es dada exclusivamente por los bloques de concreto el cual el ingeniero diseñador puede decidir entre varios colores, formas, texturas a colocar en cada proyecto inclusive pudiendo lograr colocar vegetación entre los bloques.

3.2 Alta Capacidad de Carga

Este tipo de sistema tiene un buen comportamiento ante cargas elevadas, éstos pueden ser diseñados para grandes alturas y cargas elevadas, estos sistemas son utilizados en muros de contención, estribos de puentes, intercambios viales, etc.

3.3 Versatilidad

Otra característica de este sistema es su gran versatilidad ya se puede obtener muros en curvas tanto cóncavas como convexas sin tener ningún problema, se pueden utilizar distintos tipos de bloques de concreto (distintas dimensiones) logrando de esta forma muros con geometrías complejas. Se puede lograr el desarrollo de la vegetación entre los escalonamientos del muro.

3.4 Instalación

Este sistema es muy fácil de instalar y no requiere de una capacitación compleja y puede ser instalado por personal con capacitación básica. El proceso de construcción no requiere de maquinaria especial salvo la compactadora y maquinaria para la nivelación y transporte del material. La manipulación de los bloques modulares es muy sencilla y puede ser hecha por una o dos personas dependiendo del tipo de bloque, la instalación de las geomallas también es un proceso sencillo ya que son elementos de bajo peso y vienen en rollos.

3.5 Costo

Aparte de ser un sistema de buen aspecto estético y de características técnicas interesantes es un sistema económico, el precio de este sistema usualmente es inferior a otras soluciones esto es debido a los materiales que utiliza y su rápida instalación. A continuación se muestra un cuadro realizado de un estudio realizado por el Prof. Koerner.

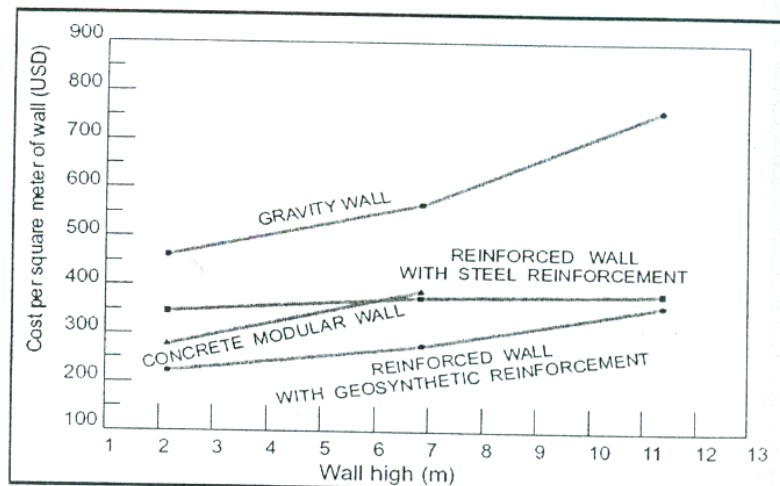


Fig. 01: Comparación económica de distintos sistemas en USA

3.6 Larga Vida Útil

Los muros segmentados tienen un tiempo de vida esperado de aproximadamente 100 años, este tiempo de vida es dado básicamente por el tiempo de vida de los bloques modulares de concreto.

Éstos bloques son hechos de un concreto con bajo contenido de agua, esto hace que los bloques tengan una buena resistencia a la compresión y su durabilidad sea alta, los refuerzos de geomallas son hechos con polímeros de alta resistencia los cuales garantizan un periodo de vida de aproximadamente 100 años.

4. MATERIALES QUE COMPONENE LOS SRW (SEGMENTAL RETAINING WALL)

Este sistema contiene los siguientes materiales: Bloques de concreto, pins plásticos, geomallas, material de drenaje, relleno compactado, geotextiles Y tuberías de drenaje, a continuación detallaremos los más importantes:

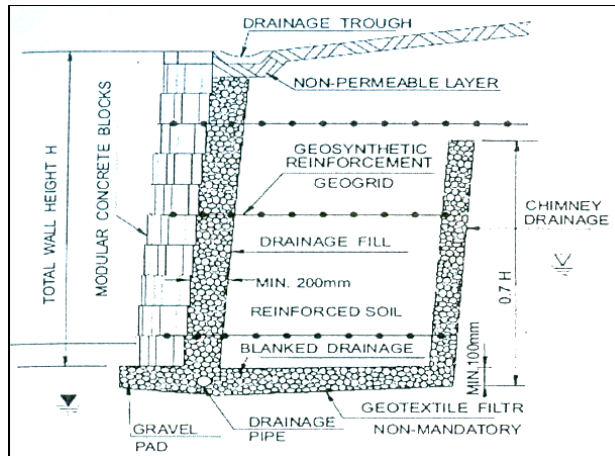


Fig. 02: Detalle de Muro Segmentado

4.1 Bloques de Concreto

Los bloques de concreto que se utilizan son de distintas formas, pudiendo variar entre uno u otro productor la forma y calidad del bloque, existen bloques de textura lisa y otros de texturados, de distintos colores, etc.



Fig. 03: Bloque Texturado

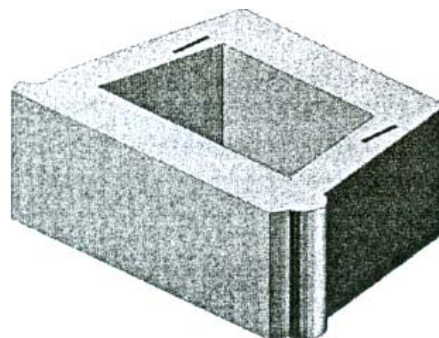


Fig. 04: Detalle en 3D del Bloque

En la parte superior del muro se coloca un bloque denominado “Bloque Capping” que evita que el agua ingrese por la abertura central de toda la columna de los bloques.



Fig. 05: Bloque Capping

4.2 Pins de Anclaje

Existen distintos tipos de pins de anclaje desde los metálicos hasta los plásticos, también vienen de distintas formas. Su función principal es mantener la verticalidad o el escalonamiento de los bloques, de una manera indirecta ayuda a incrementar la interacción entre bloques y bloques.

4.3 Geomallas

Los refuerzos de geomallas uniaxiales son utilizados para absorber los esfuerzos de tensión generados en el suelo compactado, éstas geomallas pueden estar hechas de distintos tipos de polímeros tales como políester, polipropileno, polietileno, etc. Distintas geomallas tienen diferentes formas y características pudiendo ser geomallas soldadas, extruidas y tejidas. Dentro de un buen diseño de un muro de suelo reforzado esta determinar la resistencia de las geomallas, espaciamientos y longitudes.

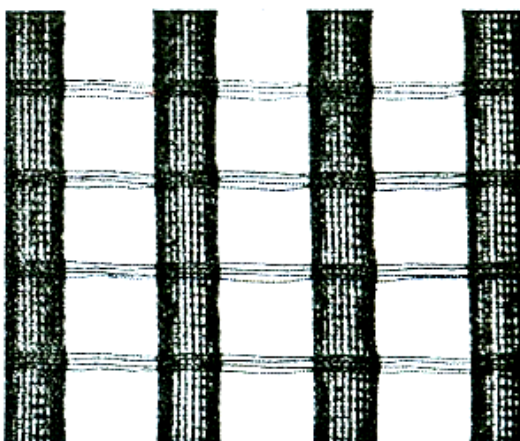


Fig. 07: Geomalla Tejida

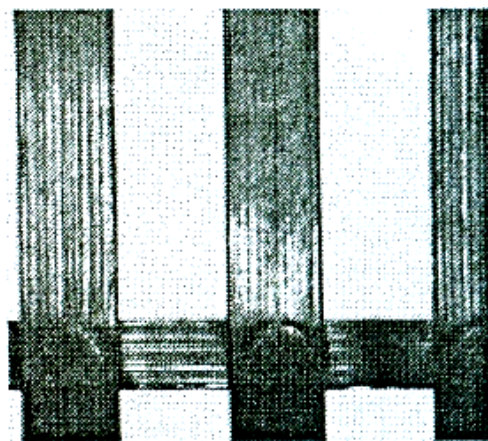


Fig. 08: Geomalla Soldada

El valor más importante es la resistencia a la tensión de la geomalla la cual debe de ser calculada mediante ensayos a la tensión los cuales son normados, para el diseño de los muros de suelo reforzado se debe de considerar la resistencia disponible la cual se obtiene a través de la siguiente fórmula.

$$T_{al} = \frac{T_{ULT}}{RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID}}$$

Fig. 09: Resistencia disponible de la geomalla

T_{ULT} = Resistencia ultima de la geomalla

RF_{CR} = Factor de reducción por creep

RF_D = Factor de reducción por daños de instalación

RF_{ID} = Factor de reducción por daños biológicos

T_a = Resistencia disponible o de diseño

4.4 Material de drenaje y de relleno de los bloques modulares

El espacio entre el bloque modular de concreto y unos 20 a 30 cm por detrás del bloque debe de ser relleno con material de drenaje, la función de este drenaje es drenar el agua que se encuentre por detrás de los bloques de concreto lo más rápido posible conduciendo esta agua a través de la columna de grava y esta a su vez derivándola a la tubería de drenaje. Este sistema de drenaje evitará que los bloques sufran presiones hidrostáticas que pueden llevar a que los bloques fallen por estabilidad.

4.4.1 Material de Drenaje

NCMA (National Concrete Masonry Association) recomienda una granulometría para el material de drenaje la cual se muestra en la tabla 01.

Abertura de la malla	Material pasante (%)
1"	100
¾"	75-100
Nº 4	0-60
Nº 40	0-50
Nº 200	0-5

Tabla 01: material de drenaje recomendado por la NCMA.

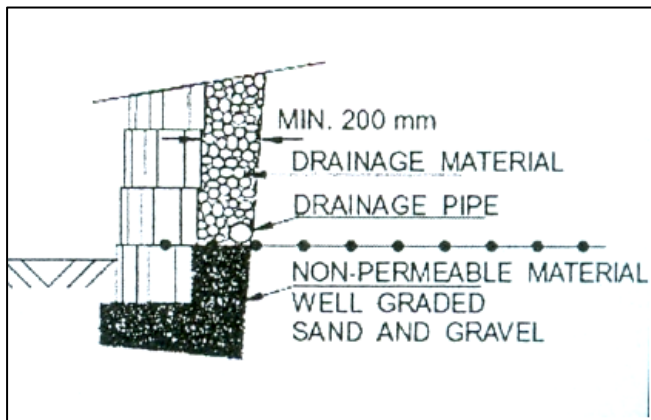


Fig. 10: Drenaje posterior a los bloques de concreto

4.4.2 Material de Drenaje para relleno de los Bloques Modulares de concreto

AASHTO recomienda una granulometría para el material de relleno de los bloques modulares de concreto el cual se muestra en la tabla 02.

Abertura de la malla	Material pasante (%)
3"	100
Nº 4	25-70
Nº 30	5-20
Nº 200	0-5

Tabla 02: Material de drenaje recomendado por la AASHTO



Fig. 11: Drenaje posterior y dentro de los bloques.

4.5 Relleno Granular Compactado

El espacio que existe entre una geomalla y otro debe de ser relleno con un material seleccionado denominado "Suelo Reforzado", este suelo reforzado es el elemento principal de la estructura de un muro de suelo reforzado e influye directamente a la estabilidad del muro, avance de la construcción y el precio de la estructura final.

Arena y grava suele ser los rellenos típicos de este tipo de estructura, éstos son compactados con más facilidad que suelos con bastantes finos y tienen una buena permeabilidad. Rellenos reforzados de materiales con bastantes finos deben de ser utilizados bajo condiciones de construcción con especial cuidado.

Un beneficio económico es utilizar el suelo que se tenga disponible en el lugar de obra ya sea por material de corte o excavación que se puede aprovechar para usano en el muro y no tener que transportarlo y botarlo, este suelo se tiene que comparar con las características mínimas de uso y se tomarán sus parámetros de resistencia en el diseño del muro de suelo reforzado.

A continuación muestro las granulometrías recomendadas para el material de relleno.

Abertura de la malla	Material pasante (%)
4"	75-100
Nº 4	25-70
Nº 40	0-60
Nº 200	0-35

Tabla 03: Granulometría recomendada por la NCMA

Abertura de la malla	Material pasante (%)
4"	100
Nº 40	0-60
Nº 200	0-15

Tabla 04: Granulometría recomendada por la AASHTO

Abertura de la malla	Material pasante (%)
4"	100
Nº 10	90-100
Nº 40	0-60
Nº 100	0-5
Nº 200	0

Tabla 05: Granulometría recomendada por el Prof. Koemer

5. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

No existe una metodología única de diseño para el SRW dependerá del diseñador escoger una de todas las metodologías, en Estados Unidos las metodologías más comunes utilizadas son las siguientes:

- AASHTO LRFD 4th Edition.
- AASHTO Bridge Manual 17th Edition 2002.
- NCMA SRW Design Manual 2nd Edition 1997.
- FHWA Wall Design - NHI 2001.
- FHWA Slope Design - NHI 2001.

Existen también varios programas de diseño de éste tipo de sistema tales como:

- MSEW v3.0
- SRWall vs3.01
- ReSlope v4.0
- PCstabl6
- MacStars

La longitud de base del SRW puede variar entre 0.60 a O.BOL valor que dependerá de la altura del muro, geometría del muro y parámetros de los suelos, a continuación muestro un cuadro de los principales modos de falla que deben de ser analizados.

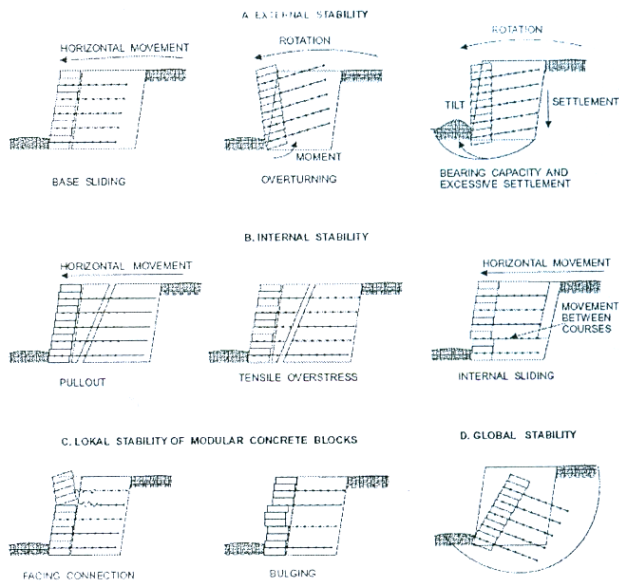


Fig. 12: Modos de Falla de un SRW

Para los modos de falla "Externos" y 'Global" los valores de las resistencias de los refuerzos no influyen en la estabilidad del muro, para los modos de falla 'Interno' y 'Locales' si importan la resistencia de los refuerzos y los coeficientes de interacción entre bloque, geomalla y bloque el cual se calcula de la siguiente forma:

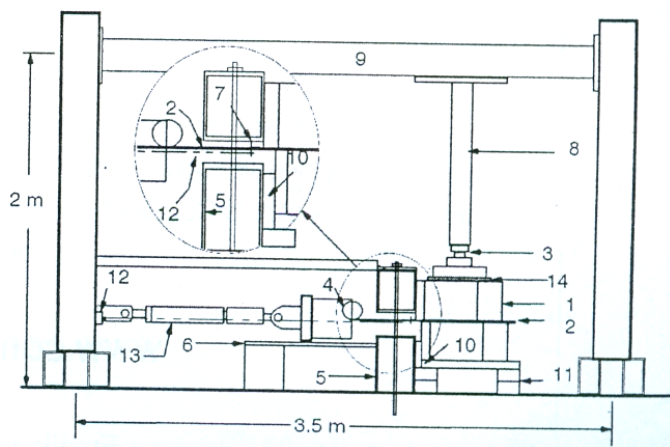


Fig. 13: Ensayo de Interface entre bloques y geomalla



Fig. 14: Imagen de un Muro Segmentado Reforzado con Geomallas

5. CONCLUSIONES

Debido al crecimiento del Perú en éstos últimos años, debemos de estar a la vanguardia con los sistemas tecnológicos que se vienen utilizando a nivel mundial.

Los SRW es una tecnología que se está aplicando en gran medida a nivel mundial, ya que sus características técnico económicas hacen de ésta solución una solución competente frente a las soluciones tradicionales.

Existen varios métodos y programas de diseño los cuales se pueó,t>n encontrar en la literatura y en la web dependerá del diseñador adoptar una de ellas y considerar las consideraciones necesarias para la estabilidad del proyecto.

En el mercado existen distintos proveedores de bloques y geomallas dependerá del diseñador escoger cuál de ellas brinda la mayor información con respecto a especificaciones, ensayos, etc.

Se deberá tomar en cuenta las características de cada proyecto para realizar los diseños, tales como sismo, nivel freático, condiciones de sobrecarga, etc.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO Bridge Manual 17th Edition 2002.
- NCMA SRW Design Manual 2nd Edition 1997.
- FHWA-NHI-00-043-Mechanically Stabilized Earth Wall and Retaining Soil Slopes.
- KOERNER, R. M. Designing with Gecsynthetics (4th Edition), Prentice Hall, USA, 199B, Edgard Blücher, 2004.
- British Standards institute (BSB006). – Strengthened/Reinforced soils and other fills.

Contribución presentada al XVII Congreso Nacional de Ingeniera Civi,l organizada el año 2009.

(1) Ingeniero Civil de la URP Jefe del Departamento de Proyectos· Maccaferri de Perú S.A. C. Conferencista nacional e internacional en temas relacionados al Uso de Gaviones y Geosintéticos aplicados a la Ingeniería. Especialista de Maccaferri para América Latina en Diseño de Suelos Mecánicamente Estabilizados, MSEW Ha participado en numerosos proyectos en América Latina, referentes a Estabilización de Taludes, Canalizaciones, Protecciones Ribereñas, Obras de Drenaje, Reforzamiento de Suelos y Sistemas de Suelo Reforzados.