REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD EXTERNA DEL MURO DE MAMPOSTERÍA UBICADO EN LA COLONIA RIVERA CERRO HUECO, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Guillermo Alonso S.[1], Pedro Pérez C.[1], Leopoldo Hernández V.[1], Rommel de J.Miranda C.[1], Nallely Alonso G.[2], Alberto Gil D.[3], Francisco J. Alegría V.[3]

RESUMEN

La presente investigación trata acerca de la revisión de la estabilidad externa del muro de mampostería, ubicado en la Colonia Rivera Cerro Hueco y que está dentro de la zona de la Reserva El Zapotal. El muro pretende dar estabilidad a la vialidad Calle Señor del Pozo, entre el Callejón Santa Cruz y Fidel Hernández.

Se eligió este tema de investigación con la finalidad de entender el porqué de los colapsos que han tenido los muros construidos anteriormente, en el mismo sitio, y para valorar la condición de estabilidad del muro actual.

La metodología consistió, primeramente, en la visita a varias instancias de gobierno del estado y municipal, para recabar la información inherente al muro. Se realizó, también, un recorrido del área de estudio en busca de evidencias del deslizamiento de la zona, que afectara a la estabilidad del muro. Se sostuvieron pláticas con los vecinos del lugar. Se llevó a cabo el monitoreo del comportamiento del muro a lo largo de ocho meses y se realizó un Sondeo Tipo Mixto (SPM) para la extracción de material de relleno y la realización de Pruebas de Penetración Estándar (SPT).

Finalmente, se muestran los resultados de los análisis de la estabilidad externa del muro, sometido a diferentes posiciones del Nivel de Aguas Freáticas (NAF) y se presentan las recomendaciones pertinentes para el tratamiento del deslizamiento de la masa de suelo en la zona en estudio.

Palabras clave: Muro de mamposteria,estabilidad, monitoreo, deslizamiento.

ABSTRACT

The present investigation is about the review of the external stability of masonry wall; located in Rivera Cerro Hueco suburb and that is into the natural area "Reserva El Zapotal". The wall pretends to give stability the Calle Señor del Pozo Street between Santa Cruz and Fidel Hernández Street.

The research topic was chosen in order to understand the reasons to the collapses in walls previously built in the same place and to assess the stability conditions of the current wall.

Firstly the methodology consisted in the visit to several state and municipal government instances, to gather information inherent to the wall. After, has been made a travel in the study place searching evidences of landslides that affect the stability of the wall. Discussions were held with the local neighbors. The monitoring of the behavior of the wall was carried out over eight months and a mixed borehole was carried out to the extraction of filling materials to start the Standard Penetration Test (SPT).

Finally, the external stability results of the wall are shown under different positions of the water table and the pertinent recommendations are presented for the treatment of the soil mass in the area under study.

Keywords: Masonry wall, stability, monitoring, sliding.

[1]Docente-Investigador de la Facultad de Ingeniería-UNACH
[2]Docente-Investigador del Instituto de Estudios Superiores de Chiapas
[3]Tesista de la Licenciatura en Ingeniería Civil
Email: galonso2001@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Tuxtla Gutiérrez se encuentra rodeada por grandes masas de derrubios compuestos por fragmentos subangulosos de calizas y areniscas de la Meseta de Copoya, así como fragmentos de lutitas alteradas, lo que en contadas ocasiones se convierten en terrenos muy inestables.

La Colonia Rivera Cerro Hueco está localizada al Sur-Oriente de la ciudad, en una zona donde existe mucha humedad, siendo la cuenca de Copoya la principal aportadora de aguas subterráneas. Además, en esta zona se encuentra la microcuenca número 14 de la ciudad, llamada Arroyo Grande.

El muro de mampostería en estudio, se haya localizado en la calle Señor del Pozo, entre el Callejón Santa Cruz y Fidel Hernández.

Antecedentes históricos

Los muros construidos en el lugar de estudio se han visto afectados por las aguas que provienen del manantial La Cueva, ubicado en las faldas del cerro. Esto ha provocado el colapso de dichos muros al paso de los años. En el 2005 se construyó un muro de mampostería, cumpliendo con la función de dar estabilidad al relleno y en consecuencia a la calle Señor del Pozo, una vialidad de uso frecuente para el paso de vehículos y una alternativa para llegar a las diferentes instituciones que se encuentran en los alrededores de esta zona.

Figura 1. Localización del muro de mampostería.

El muro de mampostería colapsó en el 2012, debido al problema recurrente de exceso de agua y, en consecuencia, de la falla por capacidad de carga del suelo de sustentación. Se podría afirmar que el uso de un muro de mampostería no ha sido la solución más favorable por las condiciones de la zona.

En la figura 2 se observa el colapso del muro, a pesar de habérsele colocado suelo en el trasdós del mismo, casi hasta el nivel de corona, en un afán de contrarrestar el empuje del suelo de la vialidad.

Figura 2. Colapso del muro en el año 2012.

Estado actual

El actual muro de mampostería fue construido en el año 2015 y cuenta con una longitud de 41 m. y una altura, sobre el nivel del terreno natural, de 4.50 m. Dicho muro se encuentra en servicio y la vialidad está transitable, aunque en el punto medio del muro se presenta una falla visible, a lo alto de todo él, y a un costado, también se aprecian dos grietas que vienen desde la base del muro, como se muestra en la figura 3.

La vialidad, que está revestida con una carpeta asfáltica, presenta deformaciones que indican la presencia de un relleno saturado por agua de lluvia y/o subterránea.

De las observaciones hechas en el lugar se puede constatar que el terreno natural, en el trasdós del muro, presenta un asentamiento de más de un metro, lo que pone en riesgo la estabilidad de la estructura. También se ha encontrado que los drenes frontales no fueron colocados en las posiciones debidas, de acuerdo a la normativa. Por otro lado, el muro no

Figura 3. Grietas actuales en el muro de mampostería.

muestra ninguna junta constructiva, lo que lo hace más vulnerable al empuje del relleno y a los asentamientos.

El monitoreo se llevó a cabo con cinta métrica topográfica de fibra de vidrio; se colocaron clavos y marcas con pintura como puntos de referencia para su fácil identificación visual. Las mediciones fueron realizadas una vez al mes para observar como el muro se iba deformando al paso del tiempo.

Del monitoreo realizado al muro, se determinó que la grieta central aumentó en 2 cm. durante los ocho meses de observación y, en la unión con el tramo de muro antiguo, se dio una separación de 1 cm. Además, el asentamiento del muro respecto de los puntos de control, cruzando la calle, fue de 3 cm. en la parte central del muro y de 1 cm. en el lado izquierdo de éste.

Determinación de los parámetros de resistencia del suelo del relleno.

Las pruebas realizadas para conocer las características del suelo fueron: Prueba de Penetración Estándar (SPT), en campo, y en el laboratorio las de Humedad, Granulometría y Límites de consistencia.

Figura 4. Fractura en el Muro actual

Figura 5. Realización de la prueba SPT

Cabe señalar que no fue posible realizar la Prueba de Compresión Triaxial, debido al tipo de suelo llevado al laboratorio, al no poderse labrar las muestras cilíndricas para la prueba.

Terzaghi y Peck establecieron una correlación entre el número de golpes de la prueba SPT para arcillas, de la cual se obtuvó un valor de resistencia a la compresión simple $q_u=0.75\ kgcm^2$, lo que permitió determinar el valor de la cohesión $c=0.325\ kgcm^2$ para el suelo del relleno. Se presume que el ángulo de fricción del suelo es igual a cero.

Con los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio, se determinó que el suelo de relleno es una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH) y el suelo natural, una arena arcillosa, mezcla mal graduada de arena y arcilla (SC).

Revisión de la estabilidad externa del muro

Los muros de contención deben diseñarse de tal forma que no rebasen los estados límite de:

- Falla por volteo
- Falla por deslizamiento
- Falla por capacidad de carga del suelo que lo soporta
- Falla por rotura estructural

Los empujes se estiman tomando en cuenta la flexibilidad del muro, el tipo de relleno y el método de colocación del mismo.

Los muros de contención deben contar con un sistema de drenaje adecuado, para que los empujes no aumenten de manera excesiva por acción de la

presión hidrostática; aunque debe tomarse en cuenta que, aún con un sistema de drenaje adecuado, el efecto de las fuerzas de filtración sobre el empuje recibido por el muro puede ser significativo.

Las fuerzas actuantes se deben considerar por unidad de longitud, según el tipo de muro son:

- Peso propio del muro
- Empuje de tierras
- Fricción entre muro y suelo de relleno
- Empuje hidrostático
- Sobrecargas en la superficie del relleno
- Fuerzas sísmicas
- Ángulo de inclinación del relleno con respecto a la horizontal
- Ángulo de inclinación de la cara del muro en contacto con el relleno.

Para muros de menos de 6 m de altura, es aceptable estimar los empujes actuantes en forma simplificada con base en el Método Semi-empírico de Terzaghi, siempre que se satisfagan los requisitos de drenaje. En caso de existir una sobrecarga uniformemente repartida sobre el relleno, esta carga adicional se podrá incluir como peso equivalente de material de relleno.

Para el análisis de los estados límites (volteo, deslizamiento y capacidad de carga) del muro en cuestión, se consideraron tres casos;

CASO I.- El Nivel de Aguas Freáticas (NAF), a 2 m. por debajo de la base del muro.

CASO II.- El NAF, a la misma altura que el nivel del relleno.

CASO III.- El NAF, a 2 m. de la superficie del relleno.

Con los resultados de los cálculos realizados, se presenta la siguiente tabla, donde se muestran las condiciones en que se encuentra el muro respecto a los límites de servicio.

Tabla 1. Factores de seguridad obtenidos en los tres casos de estudio.

FACTOR DE SEGURIDAD *FS*	CASO I	CASO II	CASO III
$FS_{volteo} > 2$	2.81	1.23	2.06
$FS_{deslizamiento} > 1.5$	2.04	0.86	1.36
$FS_{c.\ de\ carga} > 3$	0.77	0.2	0.5

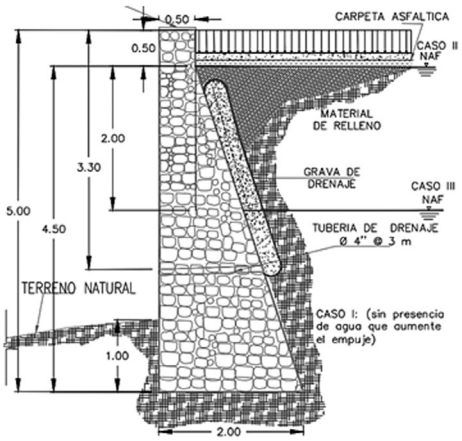

Figura 6. Muro de mamposteria (tres casos)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis muestra que el muro de mampostería no está en condiciones de mantener un adecuado comportamiento ante volteo, deslizamiento y capacidad de carga debido al empuje que le proporciona el suelo y el agua, considerando también las sobrecargas variables por móviles que transitan sobre la vialidad. La falta de capacidad de carga del suelo de sustentación es recurrente en los tres casos. Por otro lado, en el Caso I, que es cuando no existe empuje hidrostático sobre el muro, se observa que éste pasa por volteo y deslizamiento. Sólo que considerar que no hay empuje por agua es una condición poco probable en esta zona de la ciudad.

En época de lluvias el NAF alcanza el nivel de la base hidráulica y las condiciones de estabilidad del muro se vuelven críticas e inadecuadas para soportar las solicitaciones.

Esta es una zona de altas lluvias por lo que el agua se infiltra desde las calizas expuestas en las partes altas hacia el subsuelo hasta encontrar las capas de lutita, y los derrubios preexistentes, erosionándolas y desestabilizándolas.

A escasos 30 m. de distancia del muro, hay cavernas por donde se infiltra el agua que satura al suelo.

Las deformaciones y asentamientos en esta zona se pueden observar en las figuras siguientes, lo cual se ha ido manifestando a través de los años. Cabe mencionar que la vialidad no cuenta con las cunetas correspondientes. Un factor más que propicia que el

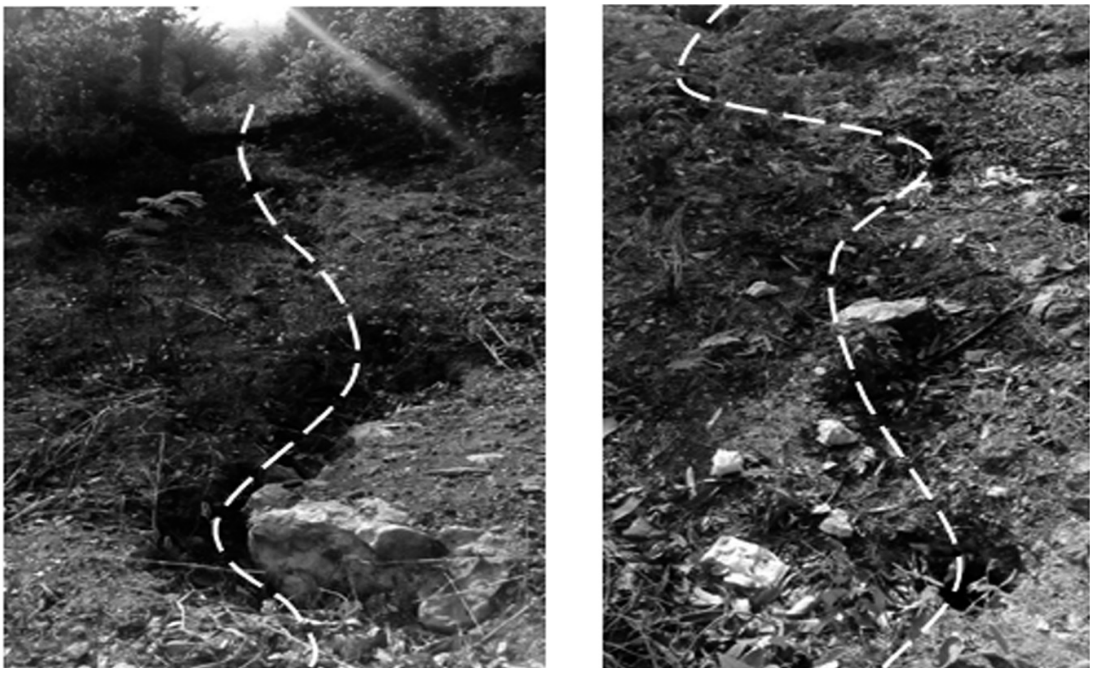

Figura 7. Cavernas.

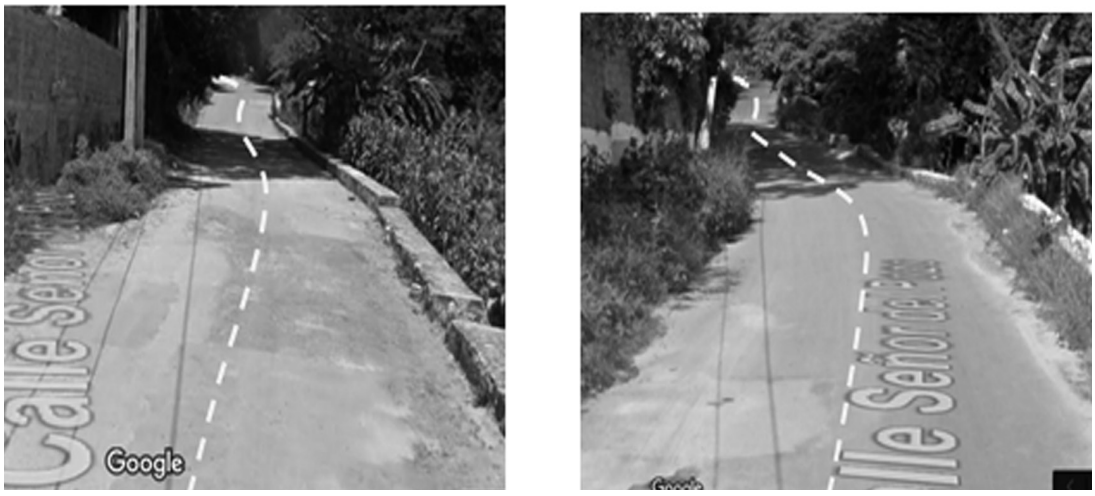

Figura 8. Comparación de la deformación de la vialidad (izq.2009-der.2017).

agua de lluvia se infiltre por encharcamiento por las grietas que presenta el pavimento.

Testimonios de los vecinos aseguran que el asentamiento de la masa de suelo no solo afecta a la estabilidad del muro, sino que también ha dañado hogares cercanos. A partir del monitoreo que se inició a finales de octubre de 2016 hasta finales de mayo de 2017 se observó que ocurrió un asentamiento del terreno natural, el cual fue de un metro.

CONCLUSIÓN

Con base a los testimonios de los habitantes de la zona, las observaciones realizadas en la zona de estudio, los análisis y cálculos realizados de la estabilidad del muro de mampostería , se puede concluir que existe un deslizamiento de una masa de suelo la cual interactúa con el muro, por lo que, para dar una solución integral del problema es necesario efectuar

un levantamiento más exhaustivo de la zona, donde se incorporen técnicas de reconocimiento Geofísico, determinar con mayor precisión el área en movimiento y la profundidad afectada.

Por las características que tiene la zona es conveniente colocar un sistema de drenaje adecuado, que evite que el suelo del relleno se sature a causa del agua de lluvia, ya que ésta, al infiltrarse, genera un empuje adicional que pone en el límite de falla al muro de mampostería estudiado.

Se requiere, también, localizar y, de preferencia, sellar las cavernas que están conectadas con el área de estudio y otras posibles infiltraciones que estén cercanas a la zona.

Se puede decir que el muro de contención de mampostería analizado, no es la solución al problema, que como ya dijimos implica una intervención más integral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braja M. Das (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Thomson Learning

Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005). Mecánica de Suelos, Tomo I, Mexico: Editorial Limusa S.A. de C.V.

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. (2002). Manual de Construcción Geotécnica. México.

Roy. Withlow (2005). Fundamentos de Mecánica de Suelos. México: Editorial CECSA.