

Otros gastos.

2 Linternas señales.	158,00
4 Piezas para evitar choques. . . .	15,80
8 Cristales á 2,76.. . . .	22,08
Aceites.	69,00
Suma	2.715,66
Primera partida.	408,52
Suma total.	5.124,18

OBSERVACIONES

SOBRE LAS LEYES EXPERIMENTALES DEL ASIENTO

DE LOS TERRAPLENES.

por M. J. CARVALHO, *Ingeniero de Puentes y Calzadas.*

La gran influencia que tiene en la seguridad de la circulacion por los caminos de hierro en los primeros años de su explotacion la correccion de los asientos y deformaciones que sufren los terraplenes recién contruidos, nos mueve á dar á conocer á nuestros lectores los resultados de una série de experiencias practicadas bajo la direccion del Ingeniero de Puentes y Calzadas de Francia Mr. Carvalho, con el objeto de averiguar la entidad y forma de estos asientos, los que no carecen de interes aun cuando los resultados obtenidos no sean de utilidad práctica en otras comarcas y para otra clase de terrenos que aquellos con que se hicieron los experimentos.

Veamos lo que dice el Sr. Carvalho en su Memoria sobre este asunto :

Al fin del capítulo 2.º de nuestra Memoria sobre las formas y las dimensiones de los perfiles para terraplenes mas convenientes para obtener la mayor estabilidad con el menor gasto posible, anunciamos, de la manera siguiente, el trabajo que ahora publicamos.

«En todas las grandes obras de remocion de tierras debe tenerse en cuenta, en la ejecucion de los perfiles, el asiento que experimentan los terraplenes.

«Para llegar á un perfil determinado, despues del asiento, es necesario adoptar, al tiempo de la ejecucion, un perfil mayor en ciertas proporcio-

nes, que se reduce al primero por el efecto del asiento natural bajo las influencias múltiples de la circulacion, de la lluvia y de las alternativas en el estado higrométrico de la atmósfera y del terraplen.

«Este aumento ocasiona realmente una elevacion del centro de gravedad del perfil en el momento del trabajo y por consiguiente, un aumento en las distancias de los trasportes. Por esta razon deben basarse los cálculos del coste de estas obras en el perfil aumentado.

«Los coeficientes del asiento varian entre límites muy estensos, segun el sistema de construccion de los terraplenes y segun la naturaleza de las tierras que le componen.

«Nos proponemos dar á conocer en una nota especial, una larga série de experiencias que hemos hecho sobre los asientos; serie de que hemos deducido las leyes experimentales del fenómeno y los valores de algunos coeficientes.»

La cuestion del asiento de los terraplenes es una de las menos estudiadas y sin embargo no deja de tener importancia práctica.

Conocemos ciertos caminos de hierro contruidos en terraplen, á traves de llanuras arenosas, y á cuyo perfil superior se le habia dado un levante de cerca de un metro, contando con el asiento supuesto, cuya ley se desconocia, el que despues ha sido preciso rebajar á la altura que debia dársele al principio; pero gastando en esta operacion sumas considerables.

En otra comarca, hemos oido con estrañeza á un ingeniero nombrado para un cargo importante en una compañía, sentar el principio de que las obras de tierra ya en desmonte, ya en terraplen no podian hacerse mal, y por tanto que era un gasto perdido el que se hacia en elevar sobre las rasantes el perfil de ciertos terraplenes formados de tierra pura, limosa sin mezcla de arena y guijarros, proveniente de los depósitos sucesivos de los acarreos de un rio en su desembocadura. Verdad es que á los pocos meses de anunciar estas ideas se vió interrumpida la circulacion de los trenes en el camino en cuestion, despues de haber acaecido accidentes graves ocasionados por los desprendimientos y asientos que debieron ser previstos.

El ingeniero que levante sin utilidad los terraplenes de arena y grava, y el que deje dar el levante conveniente en los de tierra vegetal ó arcillosa proveniente de los aluviones, igualmente se equivoca, y únicamente se pueden evitar estos er-

rores teniendo el conocimiento debido de las leyes experimentales del asiento de estas tierras.

Los graves accidentes que sobrevienen frecuentemente en los caminos de hierro en los primeros años de su explotación suelen reconocer las mas veces por causa de los asientos notables que sufren los terraplenes algo elevados, sucesos que hubieran sido evitados si en su construcción se hubieran tenido presentes los resultados experimentales referentes á este punto de la construcción.

Todos estos hechos, y otros muchos que seria prolijo enumerar, nos parecen suficientes para dar interes á las esperiencias, cuyos resultados vamos á dar á conocer.

Cuando se recorre al cabo de algunos meses, sobre todo despues de los meses lluviosos de otoño y primavera, los terraplenes recientemente terminados y arreglados, se admira uno del desarreglo que se observa en los perfiles trasversales, por el descenso de la línea superior y por la erosión de los taludes.

Los efectos son sensiblemente diferentes segun las precauciones observadas en la construcción del terraplen y segun las reglas seguidas para la formación del perfil.

Asi, por ejemplo, cuando el terraplen, sea por seguir un método vicioso, por ignorancia de los agentes ó incuria en los Jefes, se ha construido de una sola capa en toda su altura en una cinta central del camino y por ensanchamientos despues de toda la altura para formar los paseos y el talud, el perfil normal se reforma al cabo de algunos dias de lluvia como se indica en la fig. 1.^a

La línea limite exterior desciende mucho mas á los costados que en el centro; á lo largo del camino se abren grietas paralelas al eje vertical y por las que introduciéndose el agua de las lluvias sucesivas, arrastran las tierras causando la pronta destrucción de esta obra, si una conservación muy esmerada y costosa no evita inmediatamente estos perniciosos efectos.

Cuando por el contrario, los terraplenes se han hecho con inteligencia y con cuidado por capas horizontales estendidas en todo el ancho de la esplanación y de una altura de 30 á 40 centímetros; cuando se han tomado, ademas, la precaución de impedir que las aguas circulen longitudinalmente sobre la vía ó sobre los taludes arreglando convenientemente sus superficies, esperando la conclusión del camino y su apertura al tránsito,

los asientos toman otra forma distinta segun se ve en la fig. 2.^a

La línea limite exterior ha descendido tambien como en el otro caso, pero mucho menos, las grietas longitudinales son reemplazadas por otras trasversales de forma elíptica, cuyo eje mayor es, las mas veces, longitudinal y otras trasversal á la vía; los taludes no se degradan y presentan gran resistencia.

Las esperiencias obtenidas en estas deformaciones en nuestros grandes terraplenes de las avenidas al viaducto de Bouzanne, cerca de Argenton, cuya altura llega á 28 metros, y en los grandes terraplenes entre Argenton y el subterráneo, en donde algunos tienen mas de 19 metros de elevación, nos escitaron el deseo de establecer, por observaciones sistemáticas, las leyes experimentales de estos fenómenos.

Cuando, mas adelante, la compañía del Mediodia nos encargó la ejecución de la sección comprendida desde los alrededores de Carcasona á Narbona, y al mismo tiempo del camino de hierro de Narbona á Perpiñan, nos apresuramos á organizar una série de observaciones en todo el trayecto de los 120 kilómetros que comprende la totalidad de estas secciones.

Los veinte agentes encargados de vigilar la ejecución de los movimientos de tierras se encargaron de tomar cada quince dias los perfiles de observación.

Se proveyeron de hojas impresas destinadas esclusivamente á las observaciones sobre el asiento y en las que se anotaba la sección, la subdivisión y el nombre del agente que hacia la observación.

Estas hojas estaban divididas en columnas que se llenaban con la fecha en que se hacia la operación, el número del piquete hectométrico, la naturaleza del terraplen, el sistema de su construcción, el dibujo de los perfiles sucesivos que se tomaban cada quincena y con las observaciones sobre los accidentes meteorológicos principales de la quincena.

El agente indicaba tambien los perfiles en los que las tierras habian sido arregladas por capas. Cada hoja asi formada y firmada por el agente correspondiente se mandaba á la oficina central.

Estos 20 observadores tomaron 1.480 perfiles comprendiendo 7.400 alturas de asiento lineal, cada altura se midió cuatro veces, lo que ha dado lugar á 29.600 observaciones con el nivel de aire-

De este conjunto de observaciones se han deducido como vamos á manifestar, las leyes experimentales del asiento de los terraplenes.

Las hojas de cada observador, despues de verificadas, se copiaban en un cuaderno, unas despues de otras, y por fechas, de manera que diesen á conocer los asientos sucesivos, ó para ser mas exactos, las variaciones sucesivas de las alturas de cada punto observado de quincena en quincena.

Estas observaciones se han hecho durante los años 1854, 55 y 56; pero habiéndome encargado en esta época de la direccion de la canalizaciou del rio Ebro las observaciones quedaron interrumpidas; pero el estado á que llegaron permiten descubrir las leyes del fenómeno y determinar ciertos valores numéricos aplicables en la region de la Francia donde se han hecho las observaciones y en los climas análogos.

Guiado por el pensamiento teórico que visiblemente resulta de los términos de nuestra memoria citada anteriormente, hemos averiguado los coeficientes de asiento lineal de cada perfil y el coeficiente de asiento superficial, á fin de determinar las leyes que podian ligarlos entre sí.

El primero de estos coeficientes era definido por la relacion de la diferencia de las alturas primitiva y final á la altura final.

El segundo era la relacion de la diferencia de las superficies ó secciones del perfil primitivo y del perfil final á la seccion final.

Hemos resumido en un cuadro todas las experiencias y observaciones, presentando en dos columnas los coeficientes de asiento lineal y los coeficientes de asiento superficial.

Este último cuadro se resumió á su vez en un cuadro final, agrupando los resultados correspondientes á la naturaleza de las tierras y al sistema de construccion de los terraplenes.

De estos trabajos se obtuvo esta sencilla ley: El coeficiente del asiento lineal es superior al coeficiente del asiento superficial.

Tambien se deducia otra indicacion de este cuadro: El coeficiente del asiento lineal variable con la naturaleza del terreno, variable con el sistema de construccion es tambien muy variable con la altura del terraplen y disminuye notablemente cuando la altura del terraplen aumenta.

Estas grandes variaciones nos indujeron á creer que el asiento lineal podia ser ó una funcion lineal de la altura ó una cantidad constante.

Para verificar esta primera deduccin resu-

mimos la totalidad de las observaciones en un nuevo cuadro que daba á conocer, con los anteriores elementos, la duracion de la observacion, si estaba concluida, casi concluida ó interrumpida al cabo de un cierto número de meses; este cuadro daba en las columnas inmediatas:

La altura media de la esplanacion.

La altura media de los piquetes de los taludes.

El asiento lineal medio de la esplanacion.

El asiento lineal medio de los taludes.

Bajo esta forma, los cuadros han dado á conocer las leyes experimentales del asiento de los terraplenes, para los límites de alturas entre las que las observaciones se han hecho, en la region de la Francia en la que se ha observado y con el grado de regularidad que se puede conseguir en fenómenos tan complejos y variables.

Hemos dicho ya que estas experiencias se han llevado á cabo entre Carcasona y Narbona, en una longitud de 65 kilómetros y entre Narbona y Perpignan, en una longitud de 64 kilómetros.

La region á que tienen aplicacion las leyes halladas, y de que vamos á hablar, es la de las llanuras y mesetas inferiores, comprendidas entre el meridiano de Carcasona al Oeste; el Aude al Norte; el Mediterráneo al Este y la Tet al Sur.

Es necesario, para comprender bien el valor de aplicacion de estas leyes, conocer las circunstancias meteorológicas, bastante particulares, en que se encuentra el pais referido.

(Se continuará)

BIBLIOGRAFIA.

DOCMASIE. Traité d'analyse des substances minérales á l'usage des ingénieurs et des directeurs de mines et d'usines par *M. L.-E. Rivot*, Ingénieur des mines, professeur de Docimasie à l'Ecole des mines. Première partie.—Métalloïdes.

ALBUM encyclopédique des chemins de fer sous la direction de *M.M. Broise et Thieffry* autographes. Publication autorisée par les Compagnies. Il paraît tous les mois depuis le 1.^{er} janvier 1861: Une livraison (comportant Matériel fixe, Matériel roulant, Travaux d'art, Bâtimens, etc.) composée de 12 pl., demi grand-aigle et parfaitement exécutées, soit 144 pl. par année Prix de l'abonnement annuel: 48 fr. Prix de la livraison: 4 fr.

PROGRAMME ou résumé des leçons d'un cours de constructions avec des applications tirées principalement