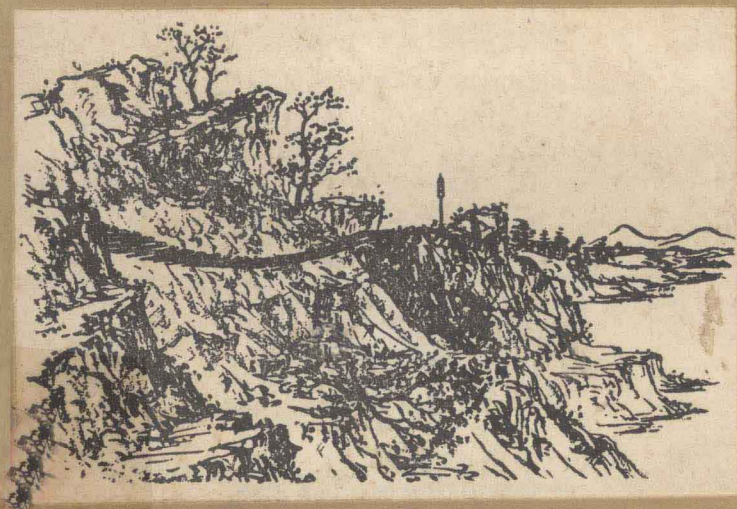


土体坍塌 原因及其防治方法

A.M. 伏罗洛夫 著



人民铁道出版社

土体坍滑原因及其防治方法

A·M·伏 罗 洛 大 著

周 鏡 楊 際 文 歐 陽 傑 元 合 譯

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 九 年 · 北 京

苏联 А.М. Фролов 著『土体及建築物穩定性的保証措施』（Меры обеспечения устойчивости земляных масс и сооружений）一書，原書分兩部分共六章，我社仅將原書之第一部分的第一、二、三章及第二部分的第三章之6、7、8节譯出共分四章。改名为『土体坍塌原因及其防治方法』出版；其第二部分的第一、二章和第三章（除6、7、8节）之其余各节，因与我社一九五四年出版的『滑坡及其防治』一書内容重复故未譯，希讀者參閱該書作全面研究。

本書可供鐵路、公路建築及其他工程技術人員以及地質工作者參考之用。

土体坍塌原因及其防治方法

苏联 А.М. ФРОЛОВ 著

苏联国家铁路運輸出版社（一九四九年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ Москва 1949

周 鏡，楊燦文，歐陽葆元 合譯

責任編輯 王育泉

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府47號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

書號 467 開本 787×1092 1/32 印張 5 張 字數 142 千

1956年4月第1版

1959年12月第1版第4次印刷

印數 610 冊 [累] 5,705 冊 定價 (9) 0.55 元

目 錄

第一章 土體的變形	1
1. 土體變形的種類	1
2. 土體變形的後果	2
3. 研究的目的	15
第二章 土體和建築物穩定性破壞的原因	16
1. 土的成因、成分、結構和密度對土體及建築物穩定性的影響	17
2. 岩石層理和裂隙對土體穩定性的影響	25
3. 土的水容量和濕度對土的穩定性的影響。土建築物的浸濕	29
4. 土的透水性對土穩定性的影響	48
5. 土顆粒間的粘結力對土穩定性的影響	53
6. 內摩擦力對土穩定性的影響	60
7. 天然坡角和有效坡角對土體穩定性的影響	62
8. 下臥不透水層的坡角對土體穩定性的影響	64
9. 土體上的壓力對土體穩定性的影響	64
10. 天然土支撐的破壞對土體穩定性的影響	78
11. 震動對土體和建築物穩定性的影響	79
12. 地下水從含水層中流出時對土體和建築物穩定性的影響	80
13. 河流和蓄水池中水位的變動對土體和建築物穩定性的影響	85
14. 水動態的破壞對土體和建築物穩定性的影響	86
15. 土的冲刷和冲蝕對土體和建築物穩定性的影響。冲	

積沉積的影響·····	86
16. 土和地下水的化學成分對土體和建築物穩定性的影響··	91
17. 土的風化及其溫度的變化對土體穩定性的影響·····	97
18. 阻塞在土體中的空氣對土體穩定性的影響·····	101
19. 大氣壓力的變化對土體穩定性的影響·····	102
20. 植物對土體穩定性的影響·····	102
21. 岸和斜坡穩定性破壞的原因·····	103
第三章 測定對土穩定性發生影響的土狀態和性質。土 根據穩定程度的分類·····	106
1. 測定對土穩定性發生影響的土狀態和性質·····	106
2. 在浸濕狀態下土根據穩定程度的分類·····	110
第四章 防治土體和建築物變形的發生和發展的幾種 方法·····	114
1. 用通風使土體乾燥·····	114
2. 用人工的土支撐和非土支撐防治土體和建築物的不 穩定性·····	119
3. 用土的岩石化和使它轉變為不透水物體的方法防治土 體和建築物的不穩定性·····	142

第一章 土體的變形

1. 土體變形的種類

土體往往發生各種巨大的變形，表現在土體形狀和尺寸的改變及移動上。常遇到的有下列許多形態：岩堆（Осыпи），崩坍（Обвалы），沉陷（Просадки），坍陷（Провалы），擠出（Выпираания），凍脹（Пучины），表層滑動（Сплывы），坍滑（Оползни），流泥（Солевые Потоки），雪崩（Лавины），沖刷（Размывы）和沖蝕（Подмывы）。許多變形發生在侵蝕的過程中——即在企圖消除地面起伏不平的天然因素的作用下。最嚴重的變形是坍滑，坍陷，沖刷和沖蝕。

土體中的各種變形，有時幾種同時發生，有時則一個跟着一個發生。例如崩坍常跟在岩堆之後，坍滑常伴隨着表面滑動；沖刷和沖蝕造成表面滑動或坍滑；有些變形甚至可能是作為預告將發生更大變形的信號。例如裂縫，斷裂和沉陷預示着土體將發生坍滑和坍陷。

為了有效的與變形作鬥爭，在每種場合下，必需從同時發生的變形中將其基本的變形找出來，這是非常重要的。

土的變形可分為彈性變形和永久變形。在一些外來作用的影響下土的應力未超過彈性界限時，則發生彈性變形。當這些外來作用停止時，彈性變形即恢復。但是當土受到超過其彈性界限的應力時，則引起非彈性變形。這時將引起土顆粒的移動和形狀的改變。

為了保證土體和建築物的穩定，必須使土在負荷下不發生非彈性的變形。

永久變形又可區分為正常的和非正常的或危害的。任何永久變形，那怕是預料得到的，都將引起某種程度上的危害，因此不能認為將變形這樣區分會對它們的預防和終止的問題有任何幫助。

變形的發展可能是長期的，或暫時的，有時甚至瞬息的。但是在非彈性變形發生後，並不一定立刻引起土體的破壞；經過一段時間後，在土體破壞以前，土中可能發展塑性變形。

變形是連續的，也可能是間斷的，或周期的發生。

變形土體的界限可以用鑽探，坑探，槽探，及清除的方法，以及每日觀察其表面的形狀來決定。

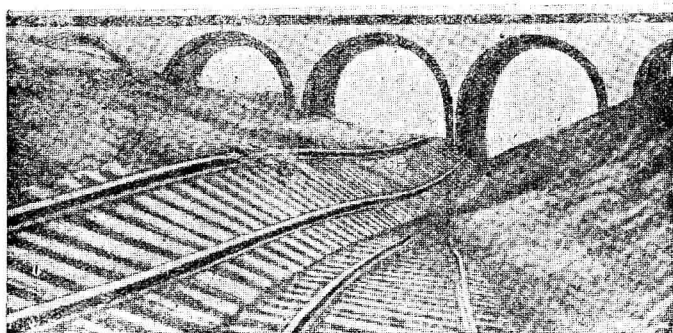
2. 土體變形的後果

土體變形在影響地表形狀的改變和引起建築物變形的發生和發展的因素中佔據了重要的地位。

土體變形給國民經濟帶來巨大的損失，它損壞了耕作地區，引起建築物、道路、運河、輸送管路、電力網和通信綫路的損壞，並促使河流堵塞等等。

有時大片土體突然很快的坍塌，房屋倒塌，公路和鐵路綫破壞，而造成人類的犧牲。

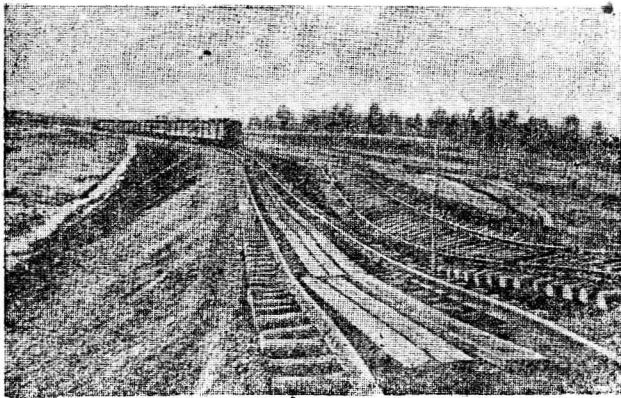
路基變形破壞了運輸的安全性、連續性和快速性，在鐵路上就引起必須發行減低運行速度的警告書，並且也可能是造成事故和災難的原因。由於路基的變形，軌道有時向上或向兩側移動，有時凸起或彎曲，有時被土體遮蓋或埋沒。



第 1 圖 福蘭克福特-馬因附近鐵路綫因坍塌破壞的情形

一九一八年十月在瑞典的維他、希庫金地方長期降雨後，山坡發生坍滑，使鐵路綫在45公尺長的地段內發生崩坍，因此造成了旅客列車的大事故；機車和六節客車顛覆到坡下，同時有41人死亡，約40人受傷。該段鐵路係低路堤修築在沿海峽的陡坡上。

從第1圖可以看出，在羅生加頁地方靠近福蘭克福特-馬因的一段鐵路，在路塹中因坍滑而遭到破壞的情形。該處當一九一一年綫路修築時即開始坍滑，在一九一四年五月二十六日邊坡突然坍下150,000立方公尺。十五年來該路塹坍滑土體的體積竟達1,000,000立方公尺。



第2圖 西伯利亞鐵路上路堤的坍滑

第2圖爲一九一一年西伯利亞鐵路的路堤坍滑損壞的情形。

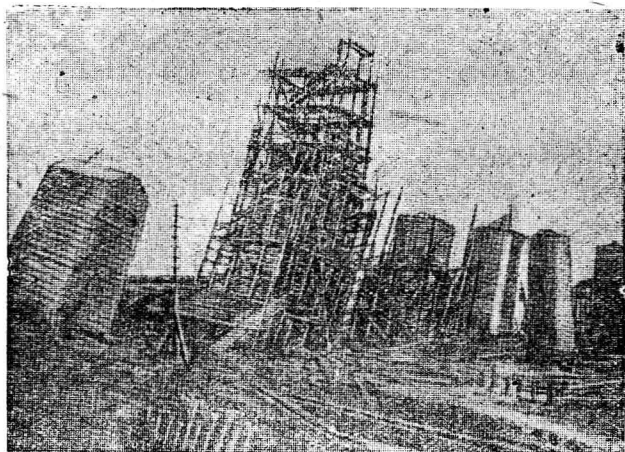
一九一五年在烏里揚諾夫斯克（前西伯利亞）一山坡上同時滑下了3,000,000立方公尺土；同時損壞了綫路和許多房屋，鐵路引橋的石橋墩也被移動和傾倒（第3圖）。

洛捷羅夫斯基路綫的高路堤沿山坡滑動了400公尺。

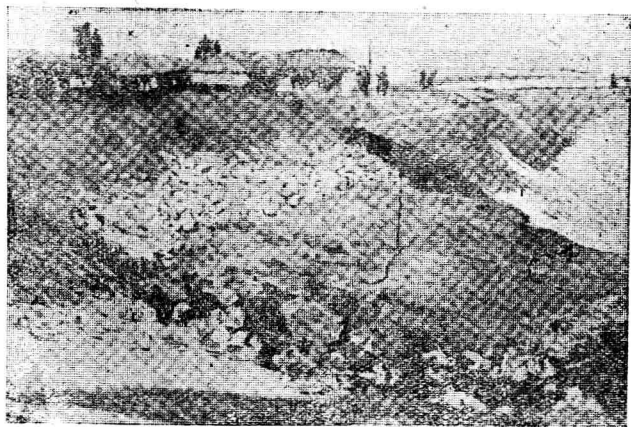
在某一鐵路綫上曾有一高11公尺的路堤發生了坍滑，一晝夜的時間鐵路移動了2公尺；坍滑的範圍達200公尺長。在發生這次坍滑前許多年間這段路堤都是非常穩定的。

在第4圖上可以看到北高加索某一幹綫上路堤發生坍滑的情況，照片是在綫路修復工作進行的第三天拍攝的，坍滑的路基用填充石塊

和道碴修復的。這一坍滑事故的發生嚴重的中斷了運輸工作。

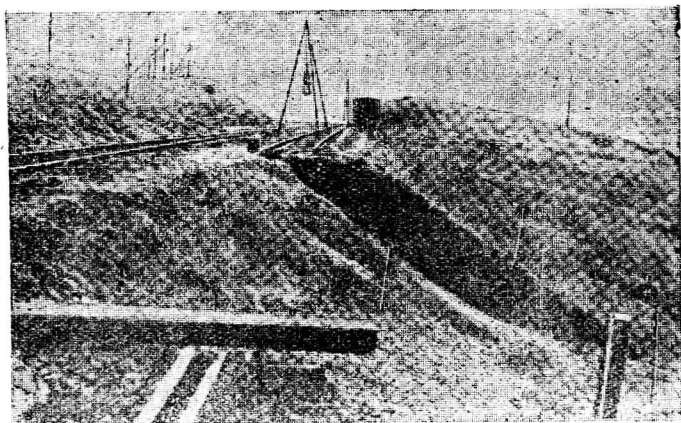


第3圖 引橋石橋墩因坍滑破壞的情形

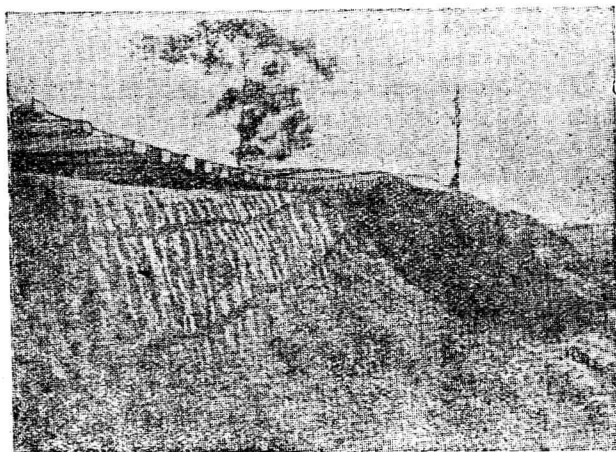


第4圖 一九三二年三月北高加索的某一幹綫上路堤的坍滑

第5圖爲同一幹綫上被坍滑破壞的綫路；坍滑的路基用填道碴和石塊修復的。



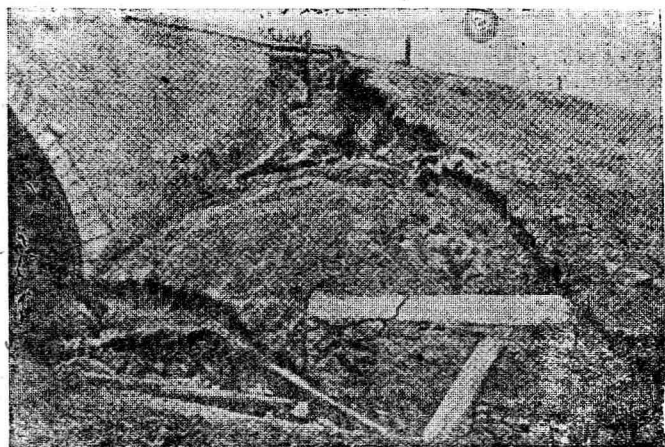
第 5 圖 北高加索的幹綫上因坍滑破壞的綫路



第5a圖 北高加索的幹綫上鐵路路堤的坍滑

第 5 a 圖爲該幹綫上坍滑的路堤，可以很清楚的看到懸在空中的軌道的陰影。

第 6 圖爲拱橋邊水溝和橋頭填土坍滑破壞的情況。



第6圖 拱橋邊水溝和橋頭填土因坍滑的破壞

一九三二年三月十二日北高加索幹綫的路堤和山坡發生坍滑。土體沿着頁岩性的粘土層坍滑。該處路堤也是用這種粘土填築的。坍滑使軌道在一小時內沉落了0.6公尺。經過三小時後沉落達到1.7公尺，五小時後到3.2公尺。列車的運行被限制到最低的限度。由四月十二日至十七日坍滑更形發展。路堤的修復和加固工作是用排水的方法進行的，工作延續了八個半月。

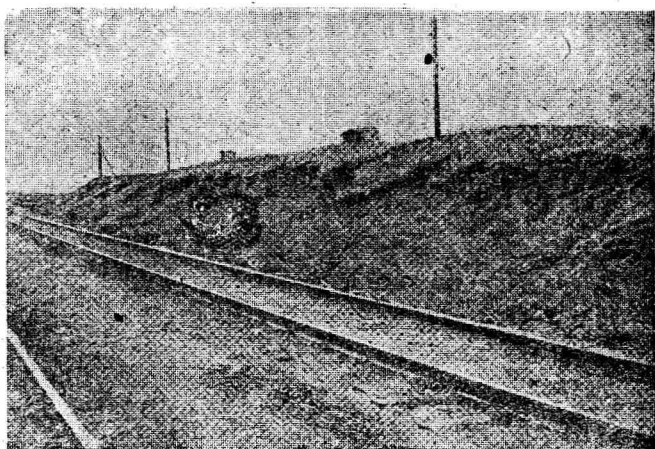
一九四一年斯大林格勒鐵路有一段400公尺長的路基在客車通過後，坍滑到伏爾加河中。

在第7圖可以看出一個粘土路塹的邊坡坍滑的情況。

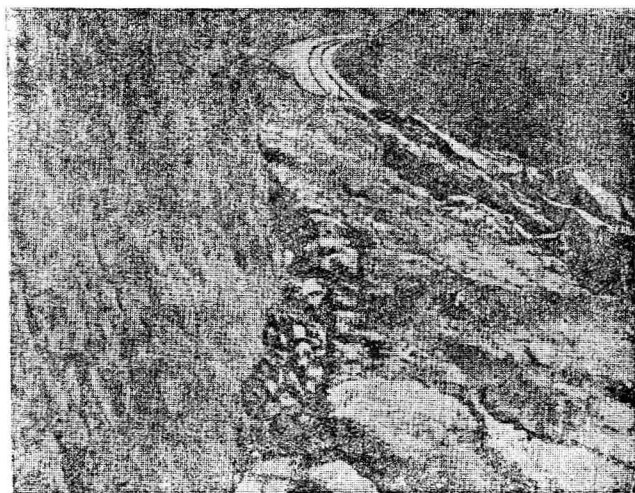
第8圖為一深路塹邊坡的坍滑，結果軌道發生強烈的變形，並被土體埋沒。

南方某一條鐵路綫的坍方區，綫路中心在一晝夜內移動了0.20公尺，並發生很大的沉陷，於一夜間下沉達2公尺。為填補已坍滑的路基，僅在一個百公尺標的區間內，於一九二二年的一年間用了約10,000立方公尺道碴。於一九二六年冬季四個月在該區間內又重新填了8,000立方公尺。抬道工作一日進行六次。墊到軌道下的枕木垛

很快的下沉並向海的一面移動，而填到綫路下的石塊也很快的滑向海裏。



第 7 圖 鐵路路堑粘土邊坡的坍塌



第 8 圖 鐵路深路堑的邊坡坍塌

在同一地段，石橋下沉 0.8 公尺，橋台傾斜了 3° ；橋旁的混凝土水溝被破壞並造成了水溝的反向坡度。水溝下的土壤亦被冲刷。

在該綫的另一坍滑地方，僅在一個百公尺標內，在一九二二年的一年期間從山坡向路塹滑下的土方共計約 50,000 立方公尺。

一九一九年該綫的路塹發生坍滑，幾乎將一列客車掩埋。

在巴特拉克斯基山坡，鐵路在幾分鐘內下沉了 0.6 公尺。

一九一三年，前西伯利亞鐵路的某些區段上路堤曾發生坍滑。根據委員會的調查，在坍滑的同時，路基劇烈的下沉。路堤主體的大部分發生破裂和移動。一九一三年十月二日，某一區段的路堤曾在 6 小時內下沉達 4.9 公尺，同時軌道被翻立起來，四節軌道脫離並被坍滑的土體埋掉。一九一三年九月二十二日，在另一區段中，十小時內綫路下沉了 2.13 公尺。

在這個幹綫的第三段，於一九一三年七月二日，十小時內綫路下沉 3.2 公尺。

一九一六年，在前西伯利亞鐵路的某平路塹處，75 公尺長範圍內邊坡坍方約 30,000 立方公尺，因而列車運行中斷了 24 小時。

在第 1 表中列舉了前西伯利亞鐵路上某些區段綫路下沉和移動的數量。此表所列不是全部的而僅是一些綫路破壞比較嚴重的。在發生這樣大的下沉時，一日要進行許多次的抬道和撥道工作。

第 1 表中所列的綫路下沉的總量，顯著地超出水平移動的數量，這就說明移動土體力量的強大。

第 1 表

前西伯利亞鐵路某些區段綫路的總下沉和移動數量

區段	綫路下沉觀察的時 間	綫路下沉的總量 (M)	綫路水平移動的總量 (M)
1	1914年4月13日~7月21日	17.43	—
2	1914年5月29日~7月26日	38.51	8.30
3	1913年10月2日~11月4日	43.03	8.81
4	1913年6月20日~10月1日	17.92	5.99
5	1913年5月9日~12月12日	39.60	7.85
6	1913年7月21日~9月1日	33.86	—

前西伯利亞鐵路，有許多區段受了坍滑的影響，在一九一三年至一九一四年間有必要對列車的運行制定了限制性的規則，甚至在某些區段規定了綫路夜間照明設備，並指派了工務人員經常值班。

在莫斯科-庫爾斯克鐵路的某一區段，路堤坍滑後發生的總下沉量達17.98公尺，而在同一時間綫路的側向水平移動達11.39公尺。

與路基坍滑的同時，橋梁、涵洞和其他建築物也發生了移動、下沉和破壞。

伏爾加河邊的薩拉托夫城下，古老的烏維克山的坍滑，現仍在進行着；它的移動發生過多次。一九三〇年十月三十一日發生了一次嚴重的移動；山的一部分向伏爾加河方向移動了36公尺；同時垂直的移動達15公尺。在2公里長的鐵路範圍內，移動繼續了8小時。由於移動的結果在土體中形成了較大的坍陷和無數深且寬的裂縫。在這次移動中，有一些鐵路、建築物和30左右戶居民的房屋遭到了損壞。通向扎沃日也的鐵路交通中斷了26小時，動員了約900個工人來恢復綫路。在恢復通車以後，對恢復路基的工作仍繼續了很長的時間；在修復期間內有些時間列車是以每小時5公里的速度通過。

爲了在不良地段維持通車，鐵路每年支付了很大的一項經費。這種額外的經費的發生是用在鐵路防止變形的各種措施上，用在加強綫路的監督上，用在經常起道和撥道的工作上，用在防止鋼軌、連結零件和枕木的迅速耗損上，尤其特別重要的是用在防止列車的延誤上。

在某些鐵路上與路基變形的鬥爭繼續了好幾十年。

在鐵路的某些區段，由於路基和建築物變形的原因，曾屢次地將綫路改綫移到新的路綫上；例如在奧爾忠尼啓則鐵路上，由聶文諾梅斯克車站至奇亞會議站之間，某些區段的綫路就移動了2~3次。

第9圖爲阿克斯克山坡的橫斷面圖，並表示了坍滑後鐵路綫被移動的情況。

在公路上發生變形也會引起嚴重的損失和破壞；道路被土塊、淤泥和石塊所堵塞。道路上會突然發生裂縫，有時非常深而寬，對行車是非常危險的。

第10圖爲一九二五年靠近亞爾達的楚庫拉爾斯克地方發生坍滑

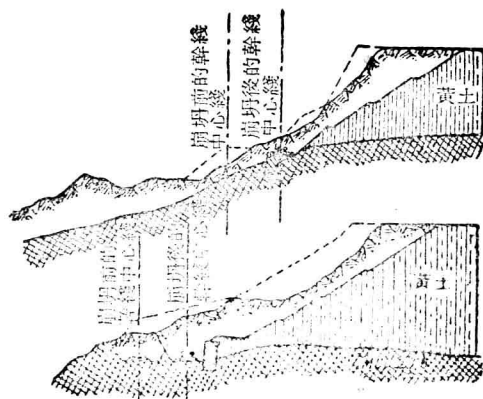
時，公路和擋土牆都發生移動。第11圖爲利娃得地方公路因坍滑而被破壞的情況。第12

圖爲皮羅哥夫克地方(基也輔)的道路在一九四〇年四月二十七日被坍滑的舌部堵塞的情況。

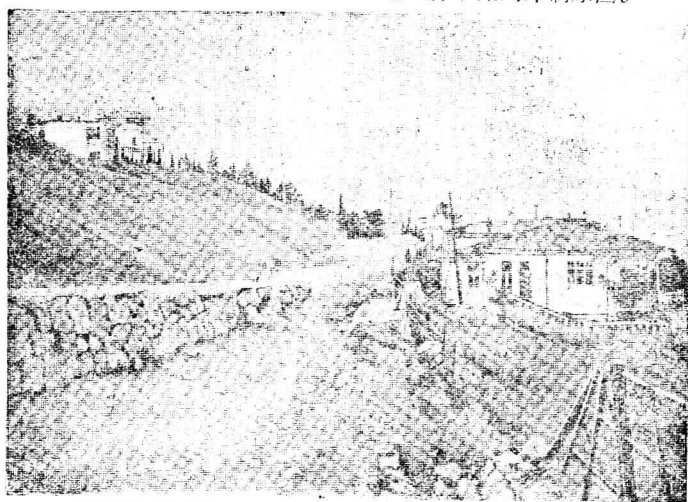
在河岸，有時坍滑發展得很厲害，以致嚴重地影響了河床的坡度，使河流的情況改變。如同由於薩拉托夫地方的沙可羅

夫山坡的坍滑，使得塔爾汗河-伏爾加河的支流河床發生變化。

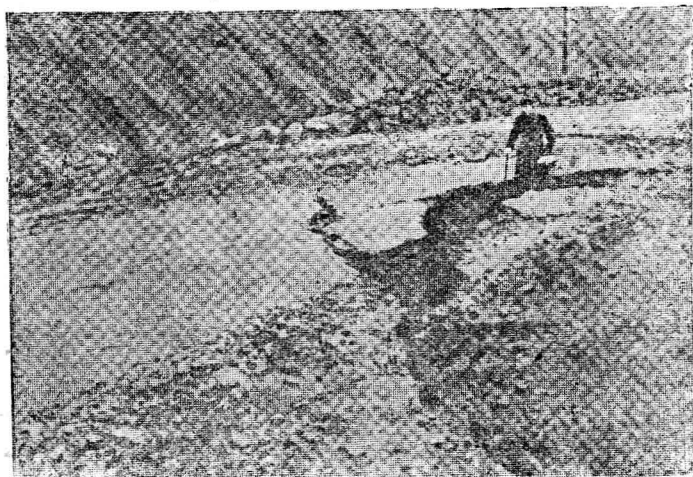
河岸的坍滑堵塞了溪流，這又是造成將來深的冲刷原因。



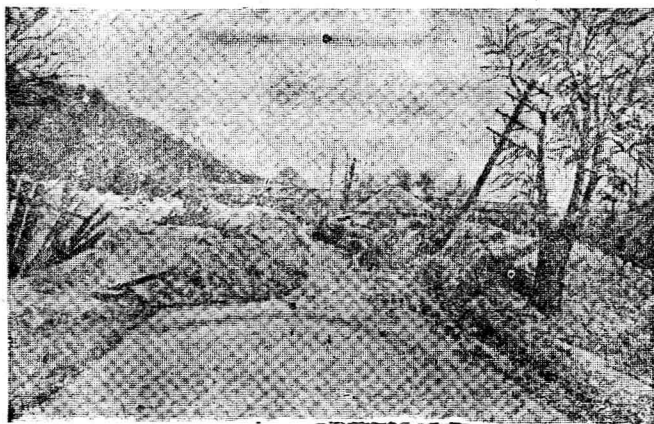
第9圖 阿克斯克山坡的橫斷面圖表示出坍滑後該處路線移動的情況



第10圖 楚庫拉爾斯克地方發生坍滑時公路和擋土牆的移動



第11圖 利娃得坍滑地方公路破壞的情況

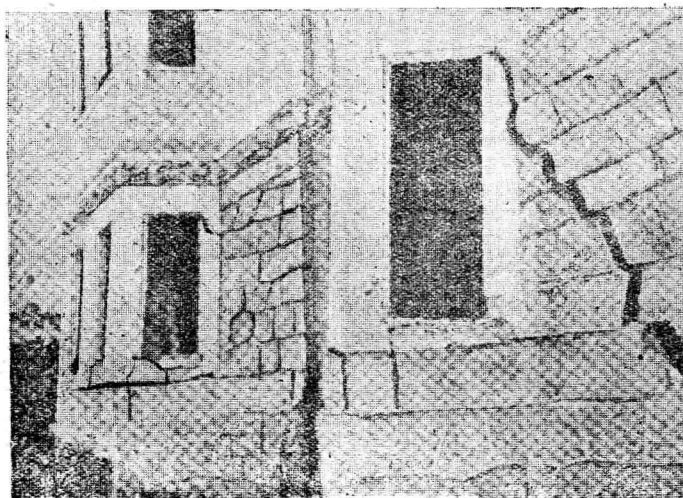


第12圖 在基也輔皮羅哥夫克地方坍滑將道路堵塞的情況

在許多情況下，土體的變形造成房屋和建築物的損失和破壞，在哥利答（瑞典）地方發生坍滑，立刻就破壞了111個建築物，並且機



第13圖 馬山得爾地方由於坍塌造成療養院房屋損壞的情形



第14圖 馬山得爾地方的療養院牆被坍塌所破壞的情形