

# 隧道ノ建設ニ就テ

討

議

土木學會誌

第二卷第三號

大正五年六月

著者 工學士 瀧山 與

本會誌第一卷第四號ニ掲載セラレタル著者ノ講演ニ對シ同卷第六號ニ於テ工學士坂岡末太郎氏及工學博士田邊朔郎氏ノ御高見ヲ拜承スルコトヲ得タルハ著者ノ深謝スル所ナリ茲ニ愚見ヲ開陳シテ兩氏ニ答フルトコロアラントス又工學博士岡胤信氏ニ依リ第二卷第一號ニ記述セラレタル生駒山隧道施工法ノ一般ハ著者ヲ裨益スル所多カリシヲ以テ同氏ニ對シ深厚ナル謝意ヲ表ス(工學士坂岡末太郎氏ニ答フ)

## 一 掘鑿法

坂岡學士ハ「掘鑿ノ方式名稱ノ如キハ餘リニ重キヲ措クニ足ラサルノ問題ナリ」ト論破セラレタリ著者亦同感ナルカ故ニ講演ノ際簡單ナル略圖ヲ掲ケタルノミニテ此題目ニツキ深ク論述セザリシナリ然ルニ同學士ハ「サリトテ全然之レヲ等閑ニ附スヘキモノニアラストナシ獨英兩國語ニ涉ル幾多ノ書籍ヲ引用シテ著者ヲ論難セラレタレハ曩キニ著者ノ御勸メシタル掘鑿方式ニツキテ講演ヲ補足シ坂岡學士ノ所謂著者ノ誤リニアラサルコトヲ辯明セント欲ス

抑モ歐羅巴ニ於ケル隧道建設ノ方式ハ從來獨逸、英吉利、白耳義、奧地利及伊太利(又ハ *Cristina*)ノ方式ニ分類セラレ(Orlander氏ニ依ル)此等ノ式ハ何レモ特殊ノ施工法ヲ有シ相互間ノ區劃判然タルモ

ノナリシモ其後甲乙二式ヲ折衷シ又ハ甲乙丙三式ヲ混合シタルカ如キ變體ノ生シタルニテハ *Drinker* 及 *Rziba* 著書ノ珍重セラレシ前世紀時代ノ分類法ニ據ルコト能ハサルニ至レ。國ぶらーぐ大學教授 *Alfred Birk* ハ其著書 (*Der Wegebau, 1911*) ニ「隧道建設ノ方式ハ單ニソノ斷面ノ掘鑿順序ニ據リテ區別スヘキモノニアラスシテ支保ノ方法並ニ疊築工完成ノ順序(側壁築造後穹拱ノ卷立ヲ行フカ或ハ穹拱ヲ先ニシ側壁ヲ後ニ疊築スルカノ順次ヲ言フ)ニモ依リ分類スヘキモノナリ」ト稱シ上記五式ノ外ニ新塊式上部開掘法 (*Brandische Firstschlitz Methode* 及 *Rzibasche Methode*) ヲ加ヘテ八種ニ分チタリ又獨逸ノ *Dr. phil. Dr. Ing. Bader* ハ(著書 *Vortrieb und Ausbohrung von Gebirgs-tunneln, 1911*) 隧道建設ノ方式ヲ獨英白新舊塊式上部開掘法及二導坑法 (*Stollen-System* 即チしんぶろん隧道) 如ク本隧道ニ並行スル第二導坑ヲ掘鑿スル方法及 *Prof. Hennings* ニ依リ推薦セラレタル隧道底面下ニ導坑ヲ設クル *Unter-Stollen Methode* ヲ含ムノ七式ニ分類シ伊式及 *Rzibasche Methode* ヲ特種ノモノトシテ一般的方式中ヨリ除外シダリ而シテ此等方式ノ區別ヲナスニ當リ掘鑿順序ノ外支保並ニ疊築ノ方法ニ據リタルコトハ *Prof. Birk* ニ同ジ。坂岡學士カ著者ノ推薦セシ新塊式ヲハ「白耳義式トナスヲ妥當トナス」ト論セラレタルハ掘鑿順序ニノミ重ク措キテ隧道建設方式ヲ區別セントセラレタルモノニアラサルカ同學士ノ引用セラレタル *Marienthaler Tunnel* 及 *Mont d'Or* ハ單ニ掘鑿順序ノミヲ以テ見レハ新塊式ト全ク同一ナリ然レトモ此等兩隧道ハ疊築工ノ施行ニ際シ先ツ穹拱ヲ卷立テ然ル後側壁ヲ築造シタリ而シテ此疊築方法(所謂穹拱ノ逆卷法)タルヤ白式古來ノ特色ナレハ兩隧道モ從テ同式中ニ編入セラレタルナリ新塊式ノ疊築法ハ之レト異リ側壁ヲ先キニ築造シタル後コレヲ基礎トシテ穹拱ノ卷立ヲ施スモノトス白式ノ疊築法ヲ用フルトキハ穹拱ノ卷立後ソノ沈下ハ免レ難キコトニシテ其結果穹拱上部ノ地山ニ弛ミヲ生シ土壓ノ増大ヲ來スコトアレトモ新塊式ニアリテハ側壁竣成後穹拱ヲ卷立

ツルカ故ニ斯カル缺點ナシ上記疊築法ノ相異ハ即チ自式ノ新塊式ト區別セラルトコロニシテ著者ノ先キニ後者ヲ推薦シ前者ヲ探ラサリシ理由モ亦茲ニ存スルナリ著者ノ講演ニ際シ可成ソノ無味乾燥ナルヲ避ケンカ爲メニ說明ヲ省略セシ結果坂岡學士ノ疑惑ヲ惹起シタルハ遺憾ノ次第ナレハ茲ニ再ヒ著者ノ御勸メシタル建設方式ニツキテ記述シ講演ヲ敷衍セント欲ス唯問題ノ無味ナルト說明ノ都合上能ク御承知ノ事柄ニモ言及スルコトアルヘケレハ讀者諸賢ニ御興味少ナキコトヲ懼ル

Prof. Birk 及 Dr. Bader ニ依リテ分類セラレタル隧道ノ建設方式申著者ノ講演ニ際シテ引用セシハ新塊式及上部開掘法ナリ最近中央歐羅巴ニ於テ竣成セシ著名鐵道川隧道カ何レノ方式ヲ用キテ建設セラレタルヤヲ調査スルニ左表ノ如シ

竣功年號	隧道名	延長	所在國名	建設方式
一九〇二	Albulas	三六 <sup>哩</sup>	瑞西	上部開掘法
一九〇五	Arlberg 東口	六四	奧地利	新塊式
同	Karawanken	五〇	同	同
一九〇六	Simplon I	二二三	瑞西	同
同	Bosruck	三〇	奧地利	最初延長約五十哩同ニ自式ヲ採用セシモ後ニ之レク新塊式ニ改メタリ
同	Wocheln	三九	同	新塊式
一九〇八	Tauern	五三	同	同
同	Ricken	五三	瑞西	自式及上部開掘法ノ疊體法
一九一三	Lötschberg	八五	同	上部開掘法及新塊式併用
一九一四(?)	Mont d'Or	—	佛蘭西	自式

一九一五	Hauenstein-Basis	五・一	瑞	西	上部開掘法及新塊式併用 新塊式
同	Grenchenberg	五・三	同		

備考 上表最下欄ニ記入シタル建設方式ハ隧道ノ大部分ニ於テ採用セラレ且之ヲ以テ基準トナシタルモノナリ故ニ局所ニ於テハ他ノ方式ヲ用キタルコトナシトセス

隧道ノ施工法ハ地質並ニ其他各種ノ状態ニ應シテソノ方法ヲ異ニスヘキモノニシテ或ハ開掘ノ順序ヲ變更シ或ハ壘築完成ノ順次ヲ前後スヘキナリ同一隧道ニアリテモ現地ノ狀況ニ鑑ミ尤モ適應スル方式ヲ用フヘクシテ豫メ計畫シタル一定ノ方式ニノミ拘泥スヘカラサルハ勿論ノコトナリ故ニ著者ノ推薦シタル二方式ノ如キモ如何ナル地質ニ對シテモ適當ナルモノニアラス唯地質ノ岩石乃至緊密ナル普通土ナル箇所ニ適應スルモノナレハ讀者ノ此點ニ於テ誤解ナカラントヲ望ム

然リ而シテ彼ノ二方式ハ地質ノ之レヲ許ス箇所ニ於テ當世向キノ式 (Up-to-date type) ナルコトハ前表ニツキ見ルモ明瞭ナリトス

甲 新塊地利式 *Moderne oder Neue österreichische Methode* 又ハ *Modern Austrian system*

隧道ノ建設方式ヲ掘鑿工ト壘築工トノ相對關係ニ依リ分類スルトキハ

一 壘築工(仰拱ヲ除ク)完成後断面中央下部ノ土砂ヲ取除ク法

(*Die Methode des Kernbaues*)

二 穹拱卷立後断面下部ノ土砂ヲ除去スル法

(*Die Methode des Unterfangens*)

三 全断面掘鑿後壘築工ヲ施行スル法

(Die Methode des Öffnens des gesamten Profils)

ノ三式トナスコトヲ得第一及第二類ノソレソレ獨式及自式ナルコト並ニ英塊兩式ノ第三類ニ屬スルコトハ言フ俟タツル所ナリ

英塊兩式ハ全斷面開掘後側壁ヲ斃積シ繼イテ穹拱ノ卷立ヲ施行スル點並ニ導坑ヲ斷面底部ニ設クルコトニ於テ全ク其擦ヲ一ニスト雖モ其他ノ施工法ニ於テハ各獨特ノ點アリ而シテ兩式ノ相異ヲ述ヘンニ掘鑿並ニ疊築ノ方法ハ英式ニアリテハ普通一環帶(Ring)又ハZoneト稱シ疊築工ヲ全ク絶縁スル區間ヲ云フ其延長ハ地質ノ硬軟ニ應シ三乃至九米ナリさんごたーどハ六米からわんけんハ八三米はうえんすたいんばーしすハ八米ナリ宛掘鑿シ全斷面ノ開掘ヲ了レハ其部分ヲ疊築シ然後隣接セル環帶ノ掘鑿ヲ始ムカクノ如ク掘鑿及疊築ノ兩工ヲ交互ニ施行スルニ反シ塊式ニアリテハ作業面廣ク掘鑿支保及疊築ノ三工ヲ同時ニ施行ス換言スレハ作業面ハ一環帶ニ制限セラル、コトナク隧道軸ニ沿ヒ伸張ス次ニ支保工ニツキ論スレハ其相異ハ甚タ大ナリ英式ノJoeh Zimmerung 又ハ Crown bar timbering 即チ荷木及桁ヲ隧道軸ニ沿ヒテ大立及御光ノ上ニ据付クル方法(我國ニ於テ行ハル、普通法)ナルニ對シ塊式ハ Spalten Zimmerung 又ハ Rafter Timbering 即チ隧道軸ニ直角ヲナス方向ニ合掌木構寫拱ヲ組立テ支柱ヲ以テ之レヲ支撐スル方法ヲ採用ス然ルニ此支保法ハ隧道軸ニ沿フテ強度乏シク個々ノ合掌木(Spalten-Zimmer)ハ移動シ易ク且土壓ノ大ナル個所ニアリテハ合掌木ノ形狀變化ヲ及ホシ從テ合掌材ニ過大ノ應力ヲ生スルノミナラス側壁ノ疊築ヲナスニ當リ上部支保材ノ盛替ヘ困難ナル等各種ノ缺點多シ其故ヲ以テ Spalten Zimmerung ハ漸次ニ排斥セラレ塊式ニテモ英式同様 Joeh Zimmerung ヲ用フルニ至レリコノ建設法ヲ塊英式ト稱ス著者ノ推薦セシ新塊式ハ塊英式ノ二種ナルモ支保材ノ構造ニ於テハ稍英式ト異ナリ往時獨逸らうん鐵道上 Schweimer Tunnel (一千八百七十六年乃道)ニ於テ採用セラレタル支柱集中法(Central Streben System) (附

圖参照ニ據ル

新塊式ニ依ル施工法ノ大體ハ第一圖ニ示スカ如シ掘鑿ノ順序ハ圖上數字順ノ通りニシテ導坑ヲ斷面底部ニ設ケ其進行後堅坑 (Anfurch 又ハ Upraise) ヲ穿チテ隧道頂ニ達ス而シテソノ上方ヨリ隧道軸ニ沿ヒ前後ニ頂設導坑ヲ進行セシム(第一圖B)堅坑ハ掘鑿土ノ放出及從業者ノ通路ニ供セラリ頂設導坑開掘後ノ切擴ケハ第一圖Aニ示スカ如ク白式ト同様ニシテ先ツ兩肩ヲ切擴ケソレヨリ順次下層ニ向ヒ掘下ルモノトス全斷面掘鑿後ニ於ケル支保工ノ形狀ハ圖面ノ通り土壓ヲ斷面中心ニ向ハシムル仕組ナリ而シテ土壓ノ大ナル箇所ニアリテハ大引下ニ添桁即チ大引擔ヲ増設ス壘築工ノ順次ハ側壁ヲ先キニシコレヲ基礎トシテ穹拱ノ卷立ヲ行フコト既記ノ如シ

コノ建設法ハ一千八百九十八年 Arlberg Tunnel ノ東口ニ於テ試用セラレシニ其成績良好ナリシカハ其後起工セラレタル塊國々有鐵道トリエすと第二連絡線上ノ重ナル隧道 (Woheln, Karavanen, Tauer) 等ニ適用セラレタリ而シテ新塊式ナル名稱ハ當時塊國鐵道工事ニ關係セシ Josef Fischer 及 Josef Hannack カ各其著書ニ於テ命名セシニ始マリ爾來一般的通語トナリタリ

乙 上部開掘法 First-schultz Methode 又ハ Top cut method.

此建設法ハ一千八百五十三年瑞西バ一ゼンあるてん間 Hauenstein Tunnel (延長二千五百米) ノ建設ニ際シ Pressel ニ依リテ初メテ用キラレ其後 Weber ニ依リ Albulal Tunnel ニ推薦セラレタリ此方式ハ地質ノ堅硬ナル箇所ニ最モ適應スルカ故ニ爾來瑞西ノあるぶす山脈ヲ貫ク隧道ニ屢々用キラレタリ其施工法ノ一般ハ第二圖ニ示スカ如クニシテ導坑ヲ斷面底部ニ設ケ次イテ第一及第二等ノ切上ケ(圖上II, III及IV)ヲ行ヒ隧道頂ニ達ス而シテ兩肩(V)ヲ切擴ケ然ル後斷面ノ兩側ニ殘レル地山ヲ開掘スルモノトス

支保ノ方法ハ導坑部ニ簡單ナル鳥居立 (Tinstock Einbau) ヲ組立テ轉木 (Kappe) ノ上ニ古軌條丸太又

ハ厚板ヲ敷並ヘ其上ニ岩屑ヲ堆積スコノ岩屑ハ上部爆發ニ際シ支保材ヲ保護スルノ外上部切土  
 ケ工ノ足場ニ應用セラル全断面開掘後ニ於ケル支保法トシテハ簡單ナル支柱集中法新塊式ニ同  
 シヲ用フルヲ普通トス

二 鑿岩機

甲 回轉式 (Rotary drill) ト 衝撃式 (Percussion drill) トノ比較

著者ノ講演ニ際シ「水壓式ハ能率多キ點ニ於テ優秀ナルモ水壓々力ノ高キ結果導水管ニ多額ノ費  
 用ヲ要スル缺點アリ」ト述ヘタルニ對シ坂岡學士ハ「著者ハ嚮キニ單ニ水壓式ノ能率多キヲ唱ベテ  
 其場合ト岩質ノ如何ヲ制限セサルハ決シテ論理徹底セリト稱スル能ハサルナリ」トテ著者カ水壓  
 式回錐鑿岩機ノ硬軟岩質何レニ適合スルヤニ言及セサリシ迂濶ヲ非難セラレタリ此問題タルヤ  
 同式ニ經驗ヲ有スル大家間ニモ議論區々ニ分レ今猶未解決ナレハ著者ハ自己ノ不肖ニ鑑ミコト  
 サラ何等ノ論斷ヲ下サ、リシナリ同式ニ對スル諸大家ノ意見ヲ紹介センニ塊國々有鐵道ノ技監  
 Rudolf Heine 及瑞西ち。ーりハ大學ノ教授 F. Hennings 等ハ Simpson, Albul, 及 Taren 隧道ニ於ケル  
 實驗ニ徴シテ最モ堅キ岩質ニ適合スト言ヒ白耳義ノ Vanderhinden ハ Simpson 工事見學中ノ觀察ヨ  
 リ立論シ「水壓回錐式ハ堅キ岩石ニ對スルトキハ其錐先ノ毀損シ易キ缺點アリ中位ノ堅岩ニ對シ  
 テハ優秀ナル成績ヲ舉ク」ト論定セリ而シテ以上兩說ノ何レカ正シキヲ判斷スルニ足ル丈ケノ材  
 料ニ乏シキハ著者ノ遺憾トスル所ナレトモ Brandt drill ニ關シ調査シ得タルトコロヲ一表ニ總括  
 スレハ左表ノ如シ

隧道名	Brandlerte	Arberg	Suram	Albula	Simpson I.	
	東口	西口	南口	南口	北口	南口

隧道所在國名	獨逸	塊地利	露西亞	瑞西	同	上
同 延 長(米)	三、二二九	一〇、二六〇	四、〇〇〇	五、八六六	一九、七七〇	一、五五二
鑿岩機ヲ使用セシ日數	二五五	三一七	四六五	四六五	一、六五六	一、五五二
地 質	石英斑山岩	片 麻 岩	石灰石及砂石	花 崗 石	白雲岩質石灰石露母片岩及片麻岩	
導坑ノ大サ(平方米)	六・五	六・九	七・〇	六・二	平均	六・五
水 壓(氣壓)	七・五	六・〇	三・五	—	乃五	七・五
導坑ノ平均日進(米)	四・〇三	五・六〇	五・九八	五・九一	八〇	五・八九
導坑掘鑿一立米毎ニ消費セシだ いなきま(ト)ノ重量(吉瓦)	四四二	二七〇	一・五一	三・一九	三・六六	四四二
徑三吋三十二分五ノ孔ヲ深サ一 米穿ツニ要セシ時間(分)	—	四二・二	—	三〇・三五	二六五	四二・六

岩質ノ軟ナルトキハ掘進大ニシテ一定ノ容積ヲ掘鑿スルニ要スル爆發物ノ量ノ少ナキコトハ言  
 ラ俟タスシテ明カナルトコロナレハ上表ノミヲ以テ水壓式ノ果シテ硬軟何レノ岩質ニ對シ優秀  
 ナルヤヲ判定シ得ヘシ然レトモ堅硬ノ岩石ニ對シ使用スルトキハ錐先ノ破損多カルヘク而シテ  
 其錐先(Diamond Bit)タルヤ高價ノモノナレハ錐ノ修理ニ多額ノ經費ヲ要スヘキハ想像スルニ難カ  
 ラス故ニ著者ハ寧ロ Yanderinden ノ中位堅岩適應說ニ贊セント欲ス又醜テ考フルニ水壓式鑿岩機  
 ハ今日ニ於テハ殆ンテ歴史的ノモノナレハ之レカ是非ノ論ハ深ク研究スルノ價值ナキモノナリ  
 次ニ坂岡學士ハ電氣鑿岩機ニ關シ Prof. H. Louis ノ說ヲ紹介シ「電氣回轉式ハ獨リ機械的ニ優秀ナ  
 ルノミナラス坑内ノ塵埃問題ヲ完全ニ解決シタリ其故ハ坑夫ノ最モ恐ル、肺勞ノ如キ主トシテ  
 突錐式ノ使用ヨリ生スル鋭尖ナル細粉ニ歸スルモノニシテ回轉式ニ依リ之レカ細粉ノ發生ヲ防  
 止スルコトヲ得ト述ヘラレタルモ彼ノ塵芥問題ハ回轉式ニ依リ決シテ解決セラル、モノニアラ



ス何トナレハ假令回轉式ヲ用フルモ穿孔ニ依リ石粉ノ發生スル以上コノ石粉ハ坑内空氣ヲ物理的ニ惡化スルカ故ニ坑内空氣ヲ長時期ニ涉リ呼吸スル者ニハ肺疾ニ罹ルモノ多カリキ而シテコノ坑内衛生上ノ大問題ハ錐先ヨリ水ノ迸出スル鑿岩機ノ創製セラレシニ依リ初メテ完全ニ解決セラレタリ此種ノ器械ヲ用フルトキハ石粉ハ泥土ト化シテ穿孔ヨリ排出セラル、結果大氣中ニ包含セラル、虞ナキナリ近時ノ器械ナレハ錐先ヨリ水ノ流出セサルモノト雖モ別ニ水ノ飛沫ヲ穿孔附近ノ岩壁ニ向ヒ吹キ掛クル裝置 (Water spray device) ヲ有スルカ故ニ坑内空氣ノ狀態ハ昔日ノ比ニアラサルナリ之レヲ以テ見ルニ Prof. Louis ノ電氣回轉式ニ依リ坑内塵芥問題ヲ解決シタリト揚言セシハ蓋シ舊時代ノコトナルヘシ又同教授カ電氣回轉式ノ軟岩ニ對シ有效ナルハ Cleveland ノ鐵鑛ニ於ケル動作ニヨリ明カナリトセシ Cleveland ノ成績ナルモノニツキテハ著者ノ寡聞ナル未タ知ルトコロナキヲ以テ坂岡學士ニシテ御存知ナレハ御教示アラシコトヲ希フ

### 乙 唧子式錐 (Piston drill) ト 鎚式錐 (Hammer drill)

坂岡學士ハ「鎚式錐ハ水平孔若クハ略水水平向ノ孔ニ對シ用フルトキハ優等ノ成績ヲ舉クルモ唧子式ハ下向孔ノ掘鑿ニ對シ優秀ナリ」ト述ヘ又今ヤ一轉シテ之レヲ重量ノ點ニ見ルニ最近ノ機械ヲ以テ彼此比較スルニ唧子式必スシモ鎚式ニ劣ルト稱スル能ハサルニ似タリト前提シテ終ニ「要スルニ一利一害彼此相伴フヲ以テ絶對的ニ可否ヲ定ムルコト困難ナルモ導坑ノ如キ重ニ水平的ナル孔ヲ穿ツニハ鎚式ハ極メテ有利ナル可キモ下向的ナル孔ニハ唧子式ノ勝レルハ從來ノ實驗之レヲ證シテ餘リアルカ如シ」ト結論セラレタルハ著者ノ首肯シ能ハサル所ナリ同學士ハソノ前提ニ於テ何か誤解セラレタル結果認見ヲ抱クニ至ラレタルニアラサル乎穿孔ノ方向ニツキ論スレハ鎚及唧子ノ兩式共一般ニ下向孔ニ對シテハ水平並ニ上向孔ニ比シ優秀ナル成績ヲ舉クルモノナリ唯鎚式ノ内尤モ古クヨリ市場ニ顯ハレ今猶上方坑ニ向ツテ珍重セラル、Sage drill 又ハ

604

Stoper ノミハ上記通則ニ反ス  
 坂岡學士ハコノ種ノ型ヲ以テ鎚式ヲ代表スルモノト解セラレタルニアラサルカ次ニ重量ニツキ  
 述フレハ最近ノ製造ニ係ル機械ハ獨リ唧子式ニ限ラス鎚式モ亦著シク輕量トナレリソノ一例ヲ  
 擧ケンニ次表ノ如シ

種別	機械名	兩式トモこらむヲ除キタル重量(封度)
唧子式	Sergeant A-86	一四〇
鎚式	Leyner-Ingersoll No. 26	九五
同	Hydromax	八四
同	Jack hammer	六三

コノ表ハ坂岡學士ノ言ハル、如ク唧子式ノミノ近時輕クナリタルニアラサルコトヲ證スルニ足  
 ラン同學士ハ Brunton's Modern Tunneling ヲ引用シテ鎚式ノ方修理費多シト記セラレタルモ今日ニ  
 於テハ決シテ然ラス例ヲ外國ニ採ルマテモナク近ク別子銅山ニ於ケル統計ニ依レハ一交替(八時)  
 間内ニ於ケル機械ノ修理費ハ鎚式ノ三錢四厘ナルニ對シ唧子式ハ十錢七厘ニシテ彼レノ三倍強  
 ニ該當ス Brunton ノ著書ハ隧道ニ關スル著作中最近ニ發刊セラレタルモノナレトモ鑿岩機ノ發  
 達ハ實ニ日進月歩ノ有様ニシテ到底著書ニ依リテ現今ノ狀況ヲ知悉シ難キコトナレハ同書ノ如  
 キモ或點ニ於テハ時代遅レノ感ナキニアラサルナリ著者ハ坂岡學士ノ說ヲ駁センカ爲メ決シテ  
 鎚式ノミヲ推賞スルモノニアラス唧子式ノ短時間内ニ於ケル穿孔速度ハ凡テノ方向ノ孔ニ對シ  
 鎚式ニ比シ遙ニ優秀ナルハ事實ニ徴シ明瞭ナリサレト前式ハ鎚ノ交換ニ手數ヲ要スルト重量ノ  
 關係ヨリ取扱ノ後式ニ比シ輕便ナラサル爲メ長時間警へハ一交替間ノ如ク繼續スル時期内ニ於

テ遂ニ鏈式ニ一籌ヲ輸スルニ至ルナリ加之鏈式ノ運轉ニ要スル空氣消費量ハ唧子式ノ約半分ナレハ動力經濟上鏈式ノ方遙ニ有利ナリ此等ノ關係ヨリシテ鏈式ハ兩三年前ヨリ唧子式ニ比シ優秀ナル地步ヲ鑿岩機界ニ占有スルコトハナレリ

最後ニ一言シタキハ鑿岩機ヲ比較スルコトノ甚タ困難ナルコトナリ何トナレハ機械製造會社ハ各自ソノ製品ヲ推賞シ之レカ使用者ハ使ヒ馴レタルモノヲ賞讃スルカ故ニ相異ナル型ノモノハ優劣ヲ比較スルニハ現物ニツキ長時期ニ涉リ實査スルノ外ナケレハナリ加之著書ニノミ依リ研究スルトキハ時代遅レトナルコトアレハ吾人ハ各製造會社ノかたる「ぐ」ヲ集ムルコトハ使用者ノ報告ヲ閱讀スルコトハ、ヲ片時モ等閑ニ附シ難ケレハナリ

(工學博士田邊朔郎氏ニ答フ)

海外ニ於テ隧道建設用トシテ盛ニ使用セラル、楯工 (Der Schild) 又ハ (Shield) ハ地質ノ軟弱ナル箇所ニ於テ支保工ヲ全ク省略シ得且安全確實ナル工事ヲ遂行スルコトヲ得ルノミナラス市街地ニシテ諸建造物ノ存在スル地下並ニ河海底等水壓ヲ受クル地下ヲ貫キ隧道ヲ穿ツ場合ニハ此式ヲ採用スル外ニ適當ノ施工法アラサルコトナレハ我國ニモ箇所ニヨリテハ此方法ヲ使用センコト著者ノ頗ル希望スル所ナリ依リテ序々本欄ヲ借リテ楯工ノ大略ヲ記述シ最後ニ著者ノ獨逸ニ於テ見學セシ一例ヲ追記セント欲ス博士並ニ讀者諸賢ノコレヲ許容セラレンコトヲ冀フ

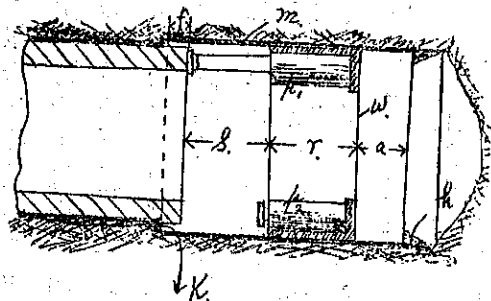
地下隧道ヲ建設スル方法ニハ

- 一 上部土砂ヲ切り開キテ隧道ヲ疊築シ後埋メ戻ス法 (Vollansbruch von oben)
- 二 普通隧道工同様斷面ヲ掘鑿シ支保工ヲ施シテ疊築スル法 (Bergmännische Bauweisen)
- 三 水底ニ隧道ヲ沈下スル法

(此方法ノ一例ニ付キ博士ハ嘗テ鐵道協會ニ於テ講演セラレタリ)

四 楯工 (Schildebaumethode)

ノ四式アレントモ一乃至三ハ箇所ニ依リテハ採用シ難ク從テ特種ノ施工法ニ屬スルモ獨リ楯工ハ



第三圖

コレカ應用ノ範圍廣ク四式中尤モ一般的ノモノナリ  
最モ簡單ナル楯ノ構造ハ第三圖ニ示スカ如ク鐵製ノ圓筒 *m* (Der Schild-  
mantel) ヨリ成リ其内徑ハ *r* 外周ヨリ稍大ナリ楯ハソノ後端小

部分 *f* フ既ニ完成シタルハ *r* 外周ヨリ稍大ナリ楯ハソノ後端小  
以テ地山ヲ支保ス而シテ楯自身ヲ前進セシムルカタメ數多ノピヤック  
裝置 *p* (Der Vorschubwerkzeuge) ヲ備フ此等 *p* ハ楯ノ内周ヲ平等ニ區分シタ  
ル位置ニ取付ケラルル最初ノ頃用キラレタル *p* ハ普通ノ螺旋型 *jj* ヲ  
ナリシ其後水壓式 *rr* 改メラレタリ此等 *rr* 個々ニ加フル水壓ノ多  
小ニ依リ楯ヲ任意ノ方向ニ曲ケテ前進セシムルコトヲ得ヘシ上圖ハ楯  
ヲ進メ切リタル時ノ有様ヲ示スモノニシテ此際 *p* ヲ縮メテ *p* ノ如クシ  
*o* ノ區域ニ *r* に入んぐヲ施スモノトス一方楯ノ先端ニ於テハ土砂ヲ開

掘シ *r* に入んぐノ完成ヲ待チソノ端面ニ *r* ヲ脚基ヲ當テカヒ *r* ヲ水壓ヲ加ヘテ楯ヲ進行セ  
シム楯ノ前進後 *r* に入んぐノ外周ニ空隙ヲ生ズルニ依リ内部ヨリもるたるヲ注射シテ此間隙  
ヲ充填ス(但シ *r* に入んぐ *r* 以テ疊築スル場合ニハ楯ノ前進ニ際シ *r* に入んぐ *r* 以テ壓シ  
付ケ自然コノ空隙ノ填充セラルハ *r* 依リもるたるヲ注射ヲ行ハス)斯クテ *r* 上記作業ヲ繰リ返ヘ  
シ工事ヲ進捗セシム  
楯ノ全長ヲ別チテ後尾部 *o* (Der Schwanz) 即チ *r* に入んぐヲ施ス區間軀體部 *h* (Der Rumpf) 即チ *r*  
ヲ取ツタル區間及作業箇所 *o* (Die Arbeitskammer oder der Kopf) ノ三トナス楯ヲ地質ノ甚タ軟弱ナ

ル個所ニ適用スル場合ニハ崩壊土砂ノ一部ニ浸入スルコトヲ防クタメ<sup>a</sup>及<sup>r</sup>間<sup>w</sup>ノ位置ニ隔壁  
 (Die Abschluss-wand) ヲ設ケコレニ戸ヲ設ケ作業者ノ出入ニ供ス地質ノ湧水ニ富ムカ又ハ水壓ヲ受  
 クル箇所ニアリテハ作業個所ニ壓搾空氣ヲ注入スル必要アリテ此際<sup>w</sup>ハ壓力ノ相異ナル空氣間  
 ノ隔壁トナル而シテ斯カル箇所ニアリテハ楯トらいにんぐ外周トノ間隙<sup>r</sup>ヨリ浸水スルコトア  
 レハ完成シタルらいにんぐ内ニモ隔壁 (Die Schlenzenwand) ヲ設ケコレト<sup>w</sup>トノ間ニモ作業個所ニ  
 於ケルヨリ稍々低壓ノ壓搾空氣ヲ注入スル必要アリ楯ノ先端ニハソノ前進ヲ容易ナラシムルタ  
 メ刃型ノ杓<sup>n</sup> (Die Schneide) ヲ備フコノ杓ハ磨滅ノ曉取替フルコトヲ得ヘシ以上ヲ以テ楯構造ノ  
 大略トナス

上圖ハ圓筒狀ノ楯 (Der Vollschild) 又ハ Full shield ト稱スヲ示シタルモ隧道上半部ニノミ適用スル半圓  
 形又ハ半橢圓形ノモノ (Der Teil-oder Decken-oder Kopfschild) 又ハ Head shield ト稱スアリ然レトモコレカ  
 詳論ハ討議欄上ニナスヘキモノニアラサレハ省略ス又楯ノ大ナルモノニアリテハ作業箇所<sup>a</sup>ハ  
 水平及垂直壁ニヨリ更ニ數區劃ニ分タル、モコノ詳細ハ前同様茲ニ記述セサルヘク唯著名隧道  
 ニ使用セラレタル楯ノ寸法及コレカ前進ニ用キラレタル水壓ノ壓力等ヲ左ニ示スコト、スヘシ

隧 道 名	外楯 (米徑ノ)	楯ノ			總延長	數 (個)	總水壓力 (噸)	隧道ノ平 均進行 (一日米)
		s	r	a				
East River 瓦斯管用	三・三五	一・〇七	〇・一〇	一・二二	一	五四〇	一・二二	
Glasgow District Railway	三・六八	〇・八一	〇・八六	〇・三二	六	九〇	一・〇〇	
Blackwall	八・二三	二・一三	一・八〇	二・〇一	二	二八〇〇乃	二・五〇	
Spree, Berlin	四・二〇	一・一五	二・二〇	一・四・七〇〇	一	四三〇〇	—	
Sielbau, Hamburg	三・二〇	一・六四	一・四一	二・八〇	八	六三〇	一・四〇	

著者ノ獨逸ニ於テ見學セシハ Essen ノ郊外 Oberlauf 及 Marbach 兩下水ヲ連絡シ市街地ノ地々十一米ヲ貫ク下水隧道ニシテ延長五百米勾配二百二十七分ノ一ナリ隧道ノ形狀及楕圓形ハ第四圖ニ示スカ如シ隧道ハこんくりーとヲ以テ築造シソノ内面ニ煉化石ヲ張付ケタリ楕圓形ニシテソノ内徑三米八八長サ四米五〇ニシテ十個ノらむヲ備フらむノ水壓ハ二百五十氣壓ニシテ一個ノ力ハ五十噸ナリ故ニ楕圓ノ前進ニハ五百噸ノ壓力ヲ用フルコトヲ得本工事ニ使用セシ動力ハ水壓機用電燈用こんくりーと混濁機用等ヲ合セ總計九十馬力内水壓機ニ要セシモノハ四十馬力ナリキ

地質ハ粘着力ニ富ム普通土ニシテ湧水ナカリシカ故ニ壓搾空氣ヲ作業箇所ニ使用スル必要ナク從テ楕圓ノ構造ハ圖面ノ如ク頗ル簡單ナルモノナリキ

掘鑿箇所(楕圓ノ前面)ノ頂部ヲ保護スルタメ數個ノ鐵板 (Eisenes Messer) ヲ用フ鐵板ニハ四乃至五個ノ小穴ヲ有ス(圖面參照)コノ小穴ニ内部ヨリ鐵桿ヲ卷込ムトキハ人力ヲ以テ或ハ楕圓ノ前進力ニ依リ鐵板ヲ前方ニ進ムルコトヲ得ヘシ地質ノ軟弱ニシテ掘鑿ノ前面ニ板張ヲナス場合ニハ楕圓ノ前進ニ際シ稍短キ切り張リヲ準備シ其後端ヲ楕圓内部ノ鐵材ニ當テカヒ乍ラ現存ノ切張リヲ取り外シらむニ水壓ヲ加フ

水壓機ヨリらむニ達スル水管ハ楕圓ノ進行ニ伴ヒ伸張セサルヘカラサルカ故ニ立狀ノえくすばんしゅんじゅいんとヲ備フ

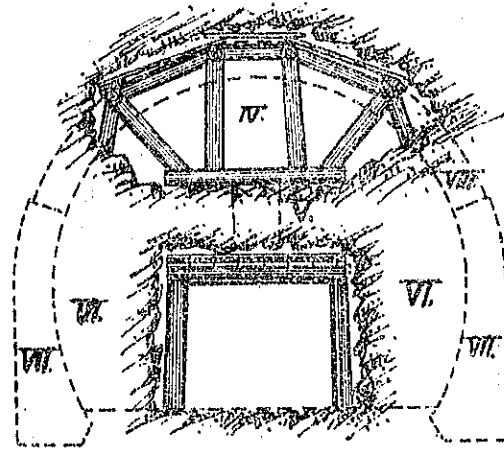
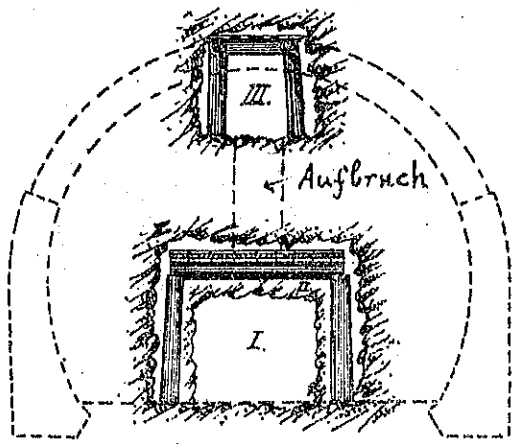
楕圓一度ノ進捗ハ約〇米九〇ニシテ普通之レヲ二回ニ仕切りテ施行ス其故ハ一回前進後方向及勾配ヲちよっくシ若シ不正ナルトキハ個々ノらむニ加フル壓力ヲ加減シ二回目ノ進行ニ依リ之レヲ整正センカ爲メナリ一度ノ進行約〇米九ニ要スル時間ハ約十五分ナリ而シテ一日ニ數回楕圓ヲ前進セシムルカ故ニ一日ノ平均進行ハ七米五〇最大十米ニ達セリ

らむノ脚基ハ施工後間モナキこんくりーと上ニ置カル、一カ故ニ楯ノ前進ニ際シらむノ壓力ハ先ツコノこんくりーと上ニ加ヘラレ其結果楯ノ進行跡ニ殘レル空處ハ自然こんくりーとヲ以テ充填セララル、ニ至ルヘシ

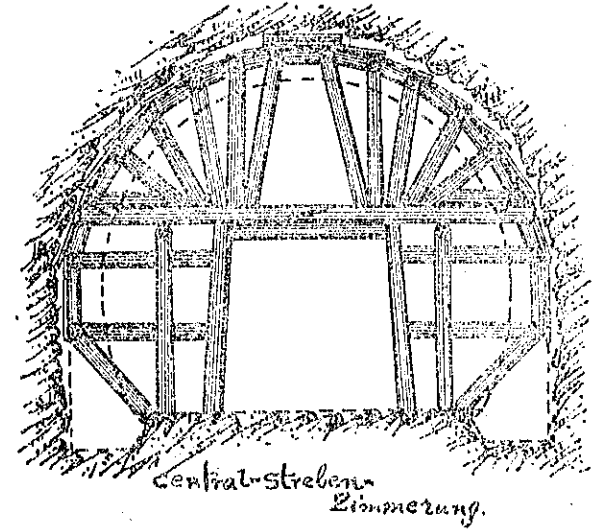
本工事ハ Hallinger Co., Hamburg ノ請負ニ係リソノ代金ハせめんとヲ除キ隧道長サ一米ニ付四百三十二まるく一呎當リ約六十六圓ナリ之レヲ以テ如何ニ經濟的ニ此工法ヲ應用シ得ルコトヲ知ルニ足ラン

らむノ脚基ヲこんくりーと工ニ置キらむノ壓力ヲ楯前進跡ノ空處充實ニ應用スルコトハ獨逸ニテハ上記 Hallinger Co. ノ特許ニ屬スルモノナリ而シテ此特許法ハ隧道らいにんぐノ外部ヲ粘土ヲ以テ被覆スル場合ニモ應用セララル(完)

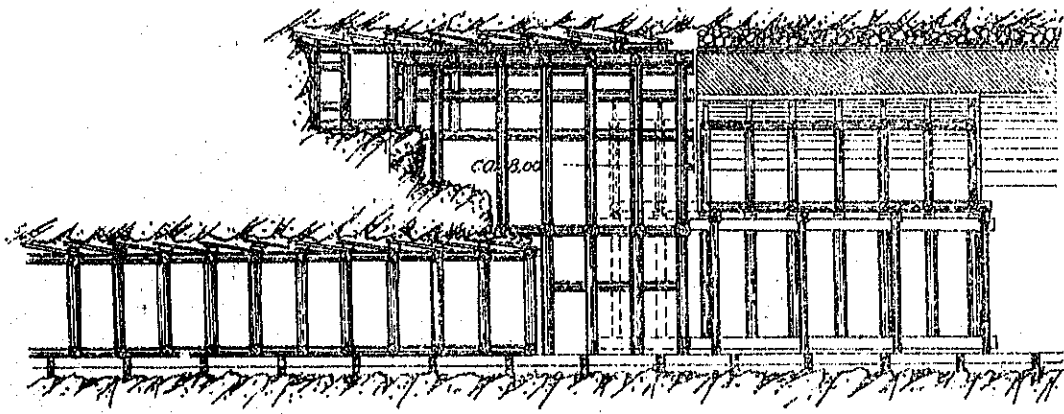
(A)



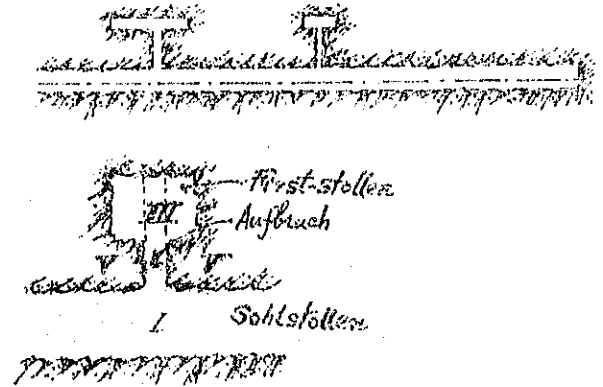
Bauvorgang beim Firststollenbetrieb.



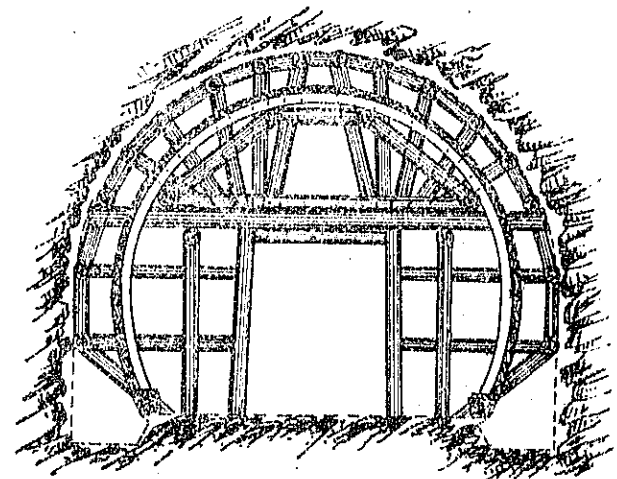
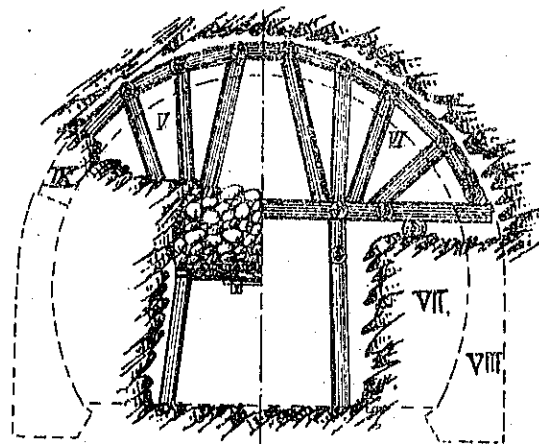
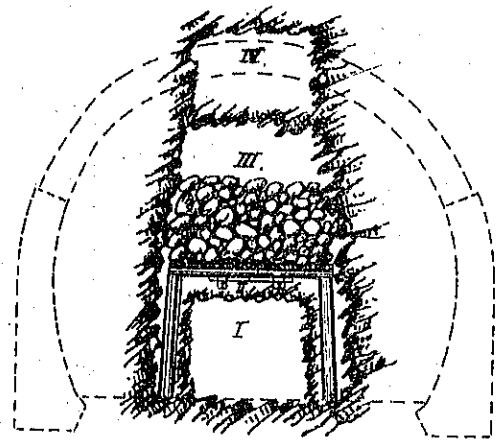
(B)



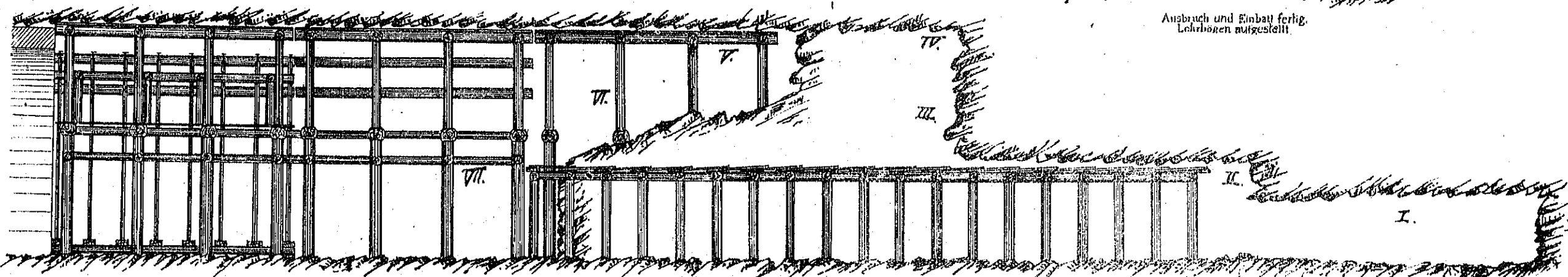
Moderne österreichische Methode







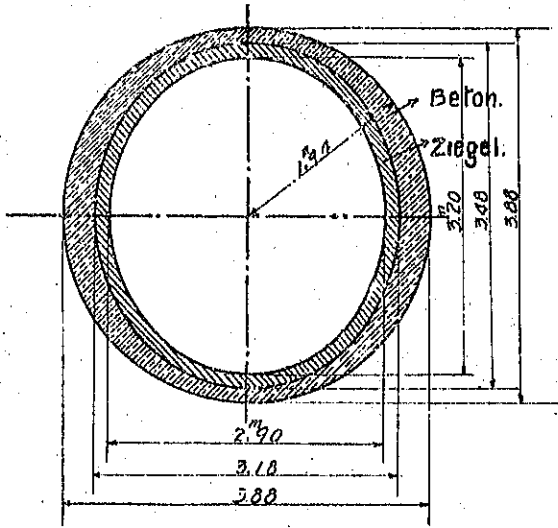
Ausbruch und Einbau fertig.  
Lehrböden aufgestellt.



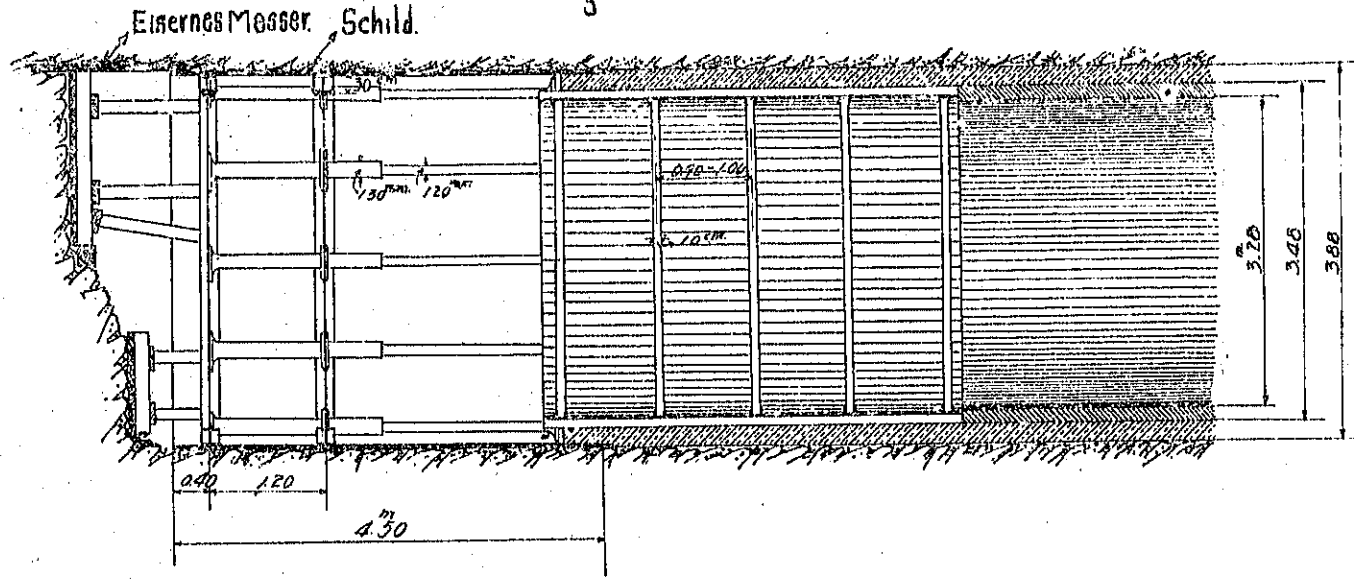
Bauvorgang beim Firstschlitzbetrieb.

Osterreichische Einbaumethode

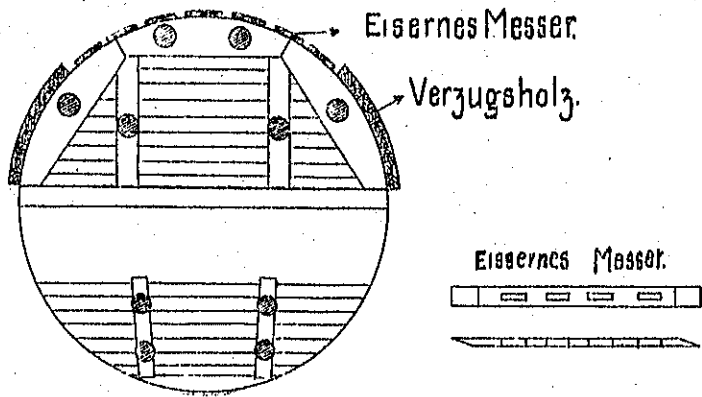
Querschnitt.




Längen Profil.




Brust-verbau



Tunnel-bau in Betonausführung

 Beton.

 Ziegel.