Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 24

Artikel: Ueber den Bau des Arlbergtunnels
Autor: Hirzel-Gysi, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-14385

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Ueber den Bau des Arlbergtunnels. Von Ingenieur C. Hirzel-Gysi. (Schluss.) — Grand Pont métallique sur le Rapti, près de Gorakpur. Par Mr. S. de Perrot, Ingenieur. I. — Aare-Correction Böttstein-Rhein. — Das neue, eidgenössische Verwaltungsgebäude in Bern. — Miscellanea: Höllenthalbahn. Verwendung des electrischen Lichtes bei pneumatischen Fundationen. Electrische Anlage in Thorenberg bei Luzern. — Concurrenzen: Apparat zum Befördern von Baggergut aufs Land. Selbstthätiger Control-Apparat für die Beladung von Dampfprähmen. Kirche in Gablenz. Evangelische Kirche in Ragaz. — Necrologie: † Celeste Clericetti. — Berichtigung. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittelung. — Hiezu eine Tafel: Grand Pont métallique sur le Rapti près Gorakpur.

Ueber den Bau des Arlbergtunnels.

Von Ingenieur *C. Hirzel-Gysi.*

(Schluss.)

Bei den Ingenieuren der Gotthardtunnel-Unternehmung scheint allgemein die Ueberzeugung gewaltet zu haben (wie aus deren Schriften über die Verwendung comprimirter Luft bei langen Tunnels mit hohen Temperaturen deutlich zu ersehen ist), man müsse durchaus hoch gepresste Luft verwenden und zwar sei dies nöthig, um beim Ausströmen derselben aus den Bohrmaschinen eine gewisse Menge Wärme binden und dadurch die hohe Temperatur in der Baustrecke herabmindern zu können. Diese Ansicht wird durch die Wärmetheorie gänzlich widerlegt. Nach derselben ist die durch Compression permanenter Gase frei werdende Wärme der zu dieser Compression verwendeten Arbeit proportional, gleichgültig ob ein grosses Gasquantum in geringem oder ein kleines Gasquantum in hohem Grade comprimirt werde. Dieselbe Wärme, welche frei wird beim Comprimiren, wird nachher beim Expandiren wieder gebunden. Aus dieser unwiderlegten Theorie kann somit der Schluss gezogen werden, dass es für die Ventilation und Kühlung von Tunnels principiell richtiger ist, eine gegebene motorische Kraft so zu verwerthen, dass ein *möglichst grosses Luftquantum* in die Baustellen gefördert werde, welches beim Ausströmen genau so viele Calorien aufnimmt, als ein kleines Quantum hoch comprimirte Luft, insofern zu dessen Compression die gleiche mechanische Arbeit verwendet wurde. Im ersten Falle hat man bei gleicher kühlender Wirkung den grossen Vortheil einer gleichzeitigen kräftigen Ventilation. Wenn Andere etwa gegentheiliger Meinung sind, so mag dies daher rühren, dass beim Ausströmen stark comprimirter Luft die Kältewirkung eine concentrirtere, leichter fühlbare, als im entgegengesetzten Falle und dass in Folge dessen eine Täuschung leicht möglich ist.

Es nützt aber nichts, ja es ist sogar schädlich, an einem einzelnen Punkte Temperaturunterschiede von 20° bis 30° zu bewirken, wie das beim Ausströmenlassen hoch comprimirter Gase mit Leichtigkeit erreicht werden kann, weil sich in diesem Falle, vermöge zu starker Temperaturwechsel, die Leute erkälten; aber wohlthuend wird es sein, durch viel Luft in grosser Ausdehnung eine mässige Temperaturerniedrigung zu bewerkstelligen. Dadurch wird auch die oft gehörte Behauptung, dass Ventilation mit hoch comprimirter Luft den Arbeitern schädlich sei, auf natürliche Weise erklärt, wenn nicht auch der fürchterliche Staub, der beim Bohren mit Stossbohrmaschinen in der Regel entwickelt wird, ebenso sehr zu solchen Behauptungen Veranlassung gab. Aehnlich verhält es sich auch mit dem Vermögen der Luft, Feuchtigkeit aufzunehmen. Beim Ausströmen stark comprimirter Luft wird dieselbe relativ sehr trocken; sie wird daher an einer eng begrenzten Stelle die Transpiration der Arbeiter nur zu sehr begünstigen, während diese Wirkung in grösserer Entfernung aufhört. Beim Ausströmen grosser Luftmengen bei geringem Druckunterschied wird die trocknende Wirkung auf grössere Complexe vertheilt und sie kommt dann auch den rückwärts liegenden Baustellen zu gut, so dass nicht die einen Arbeitsleute an Ueberfluss, die andern aber an Mangel leiden.

Im Arlbergtunnel, namentlich auf der Westseite, wurden die oben erwähnten, den am Gotthard angewandten genau entgegengesetzten Principien vollständig befolgt und sie werden, wie ich hoffe, auch bei ähnlichen zur Ausführung kommenden Bauten mehr als bisher berücksichtigt werden. Jeder unbefangene Beobachter wird bezeugen können, dass beim Schichtenwechsel, beim Ausfahren der abgelösten Arbeiter, das Aussehen derselben ein bedeutend besseres war, wie am Gotthard. Es wäre jedoch ungerecht, wollte ich diesen Unterschied allein der 5- bis 8-fach überlegenen Ventilation des Arlberg-Tunnels zuschreiben; denn dass es nicht gleich ist, ob die Leute in einer Temperatur von 20—21° oder in einer solchen von 30—31° arbeiten, weiss ich wol. Ich verweise indess nur auf die Zeiten, in denen die Arbeiter an beiden Orten gleichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt waren.

Auch in gesundheitspolizeilicher Hinsicht wurde am Arlberg Alles aufgeboten, um Ansteckungen, wie sie am Gotthard vorkamen (vide Capitel Tunnelwurm), vorzubeugen. Hinsichtlich der Benutzung der im Tunnel aufgestellten Latrinen herrschten strenge Vorschriften. Für Trinkwasserzufuhr war, namentlich auf der Westseite, in Verbindung mit der Anwendung hydraulischer Krafttransmission trefflich gesorgt. Mit der nämlichen Vorrichtung konnte man auch beim Abschiessen der Minen durch Ströme fein zerstäubten Wassers die Verbrennungsgase des Dynamits, besonders die gefährliche Kohlensäure absorbiren und die Luft kühlen. Dadurch war es den Schutterern möglich unmittelbar nach dem Abschiessen wieder an ihre beschwerliche Arbeit zu gehen, ohne durch die Dynamitgase oder durch Staub belästigt zu werden. Zwar wird den Brand'schen Bohrmaschinen vorgeworfen, dass die Ableitung des Abwassers Schwierigkeiten biete; wenn man aber bedenkt, dass während des Bohrens nur etwa 8 *l* Wasser per Secunde in den Tunnel geleitet werden, dass also im Mittel secundlich eigentlich nur 3 bis höchstens 4 *l* zu rechnen sind, so kommt diese Wassermenge gegenüber den Infiltrationen, die so wie so abzuleiten sind, nicht in Betracht. Zudem wäre auf der Westseite eine ausgiebige Ventilation und der Betrieb von Stossbohrmaschinen mit comprimirter Luft wegen der verfügbaren, geringen Wasserkräfte nicht durchführbar gewesen.

Es wurde dies aber auch von den massgebenden Persönlichkeiten der Bauleitung, u. A. namentlich von dem leider allzufrüh verstorbenen Ober-Baurath Lott und von Herrn Inspector Plate eingesehen. Noch bevor massgebende Vergleiche zwischen den beiden am Arlberg concurrirenden Bohrsystemen erhältlich waren, wurde ohne Bedenken zur Ausführung der definitiven Installation geschritten. Es sind somit auch nicht in einem Punkte die im Gotthardtunnel befolgten Principien des Betriebes der maschinellen Bohrung und der Ventilation angewendet worden. Hr. Prof. Colladon geht daher zu weit, wenn er den Ingenieuren des Arlberg nachredet, sie hätten einfach die am Gotthard gemachten Erfindungen benutzt und ausgebeutet. Im Gegentheil haben die ersteren Mittel und Wege gefunden auf der Westseite, bei Langen, mit Aufwand von durchschnittlich 1/3 der am Gotthard verfügbar gewesenen Kraft, einen doppelt so grossen Fortschritt bei 5 bis 8 mal reichlicherer Ventilation zu erzielen und eben hier komme ich noch auf die Entgegnung, des in gesperrter Schrift von Herrn Professor Colladon veröffentlichten Schlusssatzes. Derselbe lautet: „Die Nachkommenschaft wird Mühe haben zu begreifen, dass trotz den capitalen Verschiedenheiten in den Ausführungsbedingungen der beiden Bauten, die kilometrischen Kosten am grossen St. Gotthardtunnel nach Schlussrechnung sich nur um einen unbedeutenden Theil (2%) höher beliefen als die reellen Kosten am Arlberg."

Obschon die vertraglich zu leistenden Fortschritte am Arlberg erheblich höher angenommen waren, als die am Gotthard erreichten Durchschnittsleistungen, fand der Durchschlag genau 3 Jahre nach Beginn der maschinellen Bohrung, also 15 Monate früher als vorgesehen, statt. Demselben folgte die Fertigstellung so ausserordentlich rasch, dass die ganze Bauzeit um 18 Monate abgekürzt war.

Am Gotthardbahntunnel folgte im Gegentheil die Fertigstellung des Tunnels erst 21 Monate auf den Durch-

schlag, welcher seinerseits so ziemlich zur richtigen Zeit erfolgte, nämlich 7 Jahre und 5 Monate nach Abschluss des Vertrages.

Am Arlberg war somit ein Vorsprung gegenüber dem vertraglichen Fortschritt von 18 Monaten erzielt, am Gotthard aber eine Verspätung von 14 Monaten eingetreten. Da in beiden Fällen sehr hohe Prämien für jeden Tag früherer Vollendung, beziehungsweise Abzüge für entsprechende Verspätungen festgesetzt waren, so liegt es auf der Hand, dass sich die auszuzahlenden hohen Prämien am Arlberg zu den per lfd. *m* abgemachten Preisen addirten, während am Gotthard die Abzüge eintraten. Damit wäre das Räthsel zum grössten Theil gelöst. Die starken Ausmauerungen, die namentlich auf der Westseite des Arlbergs durchschnittlich nothwendig wurden, haben das übrige dazu beigetragen, dass die Kosten per lfd. *m* höher zu stehen kamen, als vorausgesehen war.

Vom geschäftlichen Standpunkte aus betrachtet, den man doch bei solchen Unternehmungen einnehmen muss, wenn überhaupt Verträge Werth haben sollen, kann man daher den massgebenden Behörden nicht zur Last legen, dass sie sich eines Unrechts gegenüber der Unternehmung Favre schuldig gemacht hätten; es sind eben immer zwei Partieen, deren Interesse gewahrt werden müssen. Will aber an das Gefühl appellirt werden, wie Herr Professor Colladon gewiss nicht ohne Recht thut, so wird wol jeder mit ihm einig gehen, wenn man einem Manne wie Favre, der für sein grosses Unternehmen Alles, sogar sein Leben einbüsste, die grösste Sympathie entgegenbringt und dessen Loos aufs Tiefste bedauert. Dies kann aber geschehen, ohne die Verdienste Anderer, denen ihr Unternehmen besser gelang, herabzuziehen.

Ich lasse nun noch einige vergleichende Daten über die Verhältnisse am Gotthard und Arlberg folgen:

Vergleichung der an den Gotthard- und Arlbergtunnelbauten mit den Unternehmungen vertraglich stipulirten Preise per lfd. m.

Gotthard:		**Arlberg:**	
Richtstollen	Fr. 1300 p. lfd. *m*	Fr. 425 p. lfd. *m*	
Seitliche Erweiterung	„ 600 „	Firststollen	„ 275 „
Sohlenschlitz	„ 350 „	Vollausbruch	„ 1100 „
Erweit. der Strosse	„ 450 „		
Sohlenausbruch	„ 100 „		
Vollausbruch des ganzen Profils ohne Mauerung	Fr. 2800 p. lfd. *m*	Fr. 1800 p. lfd. *m*	
Installation	„ 4000000	Veranschlagt	„ 2600000

Am Gotthard betrugen somit die Preise p. lfd. *m* unausgemauerten Tunnel 1000 Fr. mehr, als am Arlberg. Bringt man bei ersterem für Installationen die 4000000 Fr. in Abzug, die für dieselben in Aussicht genommen waren, so ergibt dies p. lfd. *m*. $\frac{4000000}{15000} = 266$ Fr. Am Gotthard wurden somit, abgesehen von Prämien und Abzügen, pro lfd. *m* netto Vollausbruch 734 Fr. und für den ganzen Tunnel 11010000 Fr. mehr bezahlt, als am Arlberg.

Da an beiden Bauten die Ausmauerungen nach verschiedenen Typen wechselten, so hält es schwer einen masgebenden Vergleich darüber anzustellen, aus welchem hervorgeht, dass auch in diesem Punkt die Unternehmung Favre gegenüber den Arlbergunternehmern nicht weniger günstig gestellt war.

Vertragliche Bauzeiten, Prämien resp. Abzüge und Cautionen.

Gotthard:	**Arlberg:**
Vertragl. Bauzeit für 15000 lfd. *m*	für 10000 lfd. *m*
8 Jahre.	4,2 Jahre.
Für die ersten 6 Monate	
Prämie resp. Abzug p. Tag Fr. 5000	Fr. 4000
Für die zweiten 6 Monate	
Prämie resp. Abzug p. Tag „ 10000	„ 4000
Caution „ 8000000	„ 1500000
welche Caution fällig wird, wenn die Bauzeit mehr als 1 Jahr überschritten wird.	Beim Zurückbleiben der Arbeiten um mehr als 300 *m* hinter den vertragsmässigen Leistungen wird der Bau auf Kosten und Gefahr der Unternehmer durch die Bauleitung weitergeführt.

Aus diesen wichtigsten Vertragsbestimmungen ist ersichtlich, dass die Unternehmung Favre keineswegs schlechter gestellt war, als die Arlbergunternehmer, indem ihre Preise die Arlbergpreise um volle 41 % überstiegen.

Die Wahl des Firststollenbetriebes in Verbindung mit der dadurch erschwerten rationellen Förderung der Materialien, sowie die ungenügende Ventilation, die bei den disponiblen Kräften nach dem Vorausgesagten viel reichlicher hätte sein können, trugen wol ebenso sehr zu einem Misserfolge bei, als die Hindernisse höherer Gewalt, denen man beim Bau am Gotthardtunnel begegnete.

Die Monatsberichte über den Gotthardtunnelbau in den Jahren 1878—1880 ergeben:

Göschenen:	**Airolo:**
Bei einer Stollentiefe von 5125—7744 *m*	4600—7167 *m*
Secundliche Luftmenge nach Monatsdurchschnitten 1,34 m^3	1,56 m^3
Arbeiterzahl 1367	1395
Dynamitverbrauch 5847 *kg*	6960 *kg*
Oelverbrauch per Tag 253 *kg*	269 *kg*

Die durchschnittliche monatliche Minimal-Luftmenge betrug auf der Göschener Seite 0,67 m^3 im Februar 1878 und 0,92 m^3 im Januar 1880, während sie sich auf der Seite von Airolo im März 1879 auf 0,92 m^3 pro Secunde belief. Wird in Betracht gezogen, dass von diesen Luftmengen etwa der dritte Theil zum Betrieb der Luftlocomotiven dienen musste und dass, bei der hohen Compression auf 11 bis 12 Atm., Verluste in Folge von Undichtheiten der Leitung unvermeidlich waren, so darf angenommen werden, dass bloss etwa $^2/_3$ der oben angegebenen Luft-Quanten an die Baustellen gelangten. Dass die *täglichen* Minima noch kleiner sein mussten und oft unter 0,5 m^3 sanken, ist augenscheinlich. Wenn ferner an den grossen Dynamit- und Oel-Verbrauch gedacht wird, so sind überdiess diese kleinen Luftmengen so verunreinigt worden, dass sich darin weder Menschen noch Thiere ohne erheblichen Nachtheil aufhalten, geschweige denn strenge Arbeit verrichten konnten.

Nach dem Centralblatt für Eisenbahn- und Dampfschifffahrt betrugen:

St. Anton (Ostseite):	**Langen** (Westseite):
Bei einer Stollentiefe von 1857—5428 *m*	1362—4691 *m*
in der Zeitperiode von 31. Dec. 1881—31. Oct. 1883	
die secundlichen Luftmengen 2,5—3,5 m^3	3—5,6 m^3
Mittlere Arbeiterzahl in der Zeitperiode vom 31. Dec. 1882—31. Oct. 1883	
1712	2365
Mittlerer Fortschritt per Tag in der gleichen Zeitperiode d. h. während der letzten 10 Monate	
5,556 *m*	5,579 *m*
mit 8 Ferrouxmaschinen	mit 4 Brand'schen Maschinen

und zwar bei ziemlich gleicher Gebirgsbeschaffenheit.

Der Transport des aus- und einzubringenden Materials geschah vermittelst eigens construirten Locomotiven, die sehr grosse, viel Wasser fassende Kessel für 15—16 Atm. Druck enthielten. Dieselben wurden jeweilen ausserhalb des Tunnels geheizt, deren Spannung auf 15—16 Atm. gebracht und dann das vollständig durchgeglühte und angefachte Heizmaterial abgeschlossen. Die in dem grossen Wasserquantum unter so hohem Druck aufgespeicherte mechanische Arbeit reichte vollständig aus, um Ein- und Ausfahrt mit den Zügen zu vollenden ohne Kohlen auflegen zu müssen. Der Abdampf wurde zum Vorwärmen von Wasser benutzt, theilweise aber auch ausgeblasen; es wurde somit nicht, wie am Gotthard, auf Kosten der Arbeitsstrecken, die übrigens viel weniger Ausdehnung hatten als am Gotthard, comprimirte Luft zur Förderung verwendet, sondern nur Dampf und Wärme mit Vermeidung von Rauch.

Während namentlich in der ersten Bauperiode der mittlere tägliche Fortschritt auf der Ostseite erheblich grösser war, als auf der Westseite, auf welch' letzterer man

mit Wasser und drückendem Gebirge zu thun hatte, glichen sich die Leistungen des letzten Baujahres, wie aus obigen Zahlen ersichtlich, auf beiden Seiten aus, weil natürlich auch die Hindernisse gegen die Durchschlagsstelle hin, die Einbaue etc. annähernd gleiche waren. Die grössten täglichen Leistungen per Monatsdurchschnitt betrugen auf jeder Seite 6,4 und 6,3 *m*, einzelne Tagesfortschritte erreichten 8—8,2 *m*. Die vermehrte Luftzufuhr auf der Westseite im letzten Baujahre war, wie schon früher bemerkt, nur erhältlich vermöge der Verlängerung der 500 *mm* Luftleitung bis an die Baustellen. Der Kraftaufwand für Ventilation betrug alsdann 260—300 effect. Pferde.

Wenn ich mir die Mühe genommen, diejenigen Zahlen aus den mir zur Verfügung stehenden Schriften über die beiden Tunnelbauten am Gotthard und Arlberg zusammen zu suchen, welche mehr als Worte sagen, so geschah dies durchaus nicht in der Absicht, um einen Schatten auf die Gotthardunternehmung oder gar deren Haupt Herrn L. Favre werfen oder den Arggeschädigten Vorwürfe machen zu wollen, sondern lediglich desshalb, um gewisse Behauptungen zu widerlegen, die einen Vergleich genannter Bauten als unstatthaft erscheinen lassen und die Verdienste der am Arlbergtunnel bethätigten Ingenieure in Frage stellen möchten. Jeder Vorgänger ist mehr oder weniger der Lehrmeister seines Nachfolgers und es unterliegt keinem Zweifel, dass die am Gotthard gemachten Erfahrungen den Ingenieuren am Arlberg die Wahl der zu ergreifenden Mittel ungemein erleichterten; jeder vernünftige Mensch wird sowol aus den positiven als negativen Erfolgen Anderer seine Nutzanwendung zu machen wissen; wo Erfolge waren, wird Nachahmung folgen, wo Misserfolge waren, werden sie zum Ersinnen anderer, zweckmässigerer Mittel veranlassen. So hielten es die Ingenieure am Gotthard gegenüber den Erfahrungen vom Mont-Cenis her, ohne dass deren Verdienste um die Fortschritte im Tunnelbau angezweifelt wurden; so die Ingenieure des Arlbergs gegenüber den am Gotthard erzielten Resultaten; so werden auch spätere Unternehmungen nicht blind auf dies oder jenes anderorts angewandte Verfahren greifen, sondern das Gute behalten und das Schlechte ausscheiden.

Wenn es mir gelungen ist, die Verhältnisse, welche am Gotthard- und Arlbergtunnelbau in Frage kamen, etwas näher zu beleuchten, zu einem Vergleiche geeigneter zu machen und so vielleicht zur Lösung noch schwebender Fragen erwünschte Daten gegeben zu haben, so ist mein Zweck erreicht.

Die Quellen, die ich zu meiner Arbeit benutzt habe, sind folgende:

Einerseits:

Die über den Bau der Gotthardbahn erschienenen Monats- und Jahresberichte. Schlussrapport des schweiz. Bundesrathes über die Construction der Gotthardbahn. Der Bau des Gotthardtunnels von J. Kaufmann, Ing.

Anderseits:

Denkschrift der K. K. Direction für Staats-Eisenbahnen über die Arlbergbahn von Julius Lott, Oberbaurath. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architecten-Vereins, Jahrgang XXXIII, Heft II. Vortrag von A. Plate, K. K. Inspector der Direction für Staats-Eisenbahnbauten; vom gleichen Verfasser 4 Vorträge über die Ausführung des Arlbergtunnels von 1884. Die „Schweiz. Bauztg." resp. „Eisenbahn." Centralblatt für Eisenbahn- und Dampfschifffahrt der öster.-ungar. Monarchie, sowie meine eigenen Notizen und an Ort und Stelle gemachten Erhebungen.

Grand Pont métallique sur le Rapti, près de Gorakpur.

(Indes Anglaises.)

Par Mr. *S. de Perrot,* Ingenieur.

(Avec une planche.)

I.

Description générale. Le pont métallique de Gorakpur destiné à livrer passage sur le Rapti à la ligne de fer de la Compagnie des chemins de fer du Bengal et du Nord-Ouest est situé par 26°45′ lat. N. et 83°17′ longitude Est de Greenwich (Fig. 4).

Le fleuve Rapti prend ses sources dans l'Himalaya près du mont Dhaoulagiri et après un tortueux passage d'environ 400 *km* arrive à Gorakpur.

La contrée traversée consiste pour la plus grande partie de son étendue en terrains d'alluvions et quaternaires ayant une pente moyenne de 1 pour 10 000 en plaine et de 1 pour 3000 pour le teraï, zone marécageuse, située au pied de la chaîne de l'Himalaya.

Le pays est couvert de jheels (anciens lits de rivières abandonnées) démontrant l'origine fluviale de la plaine du Gange.

Ces jheels se remplissent à chaque inondation et agissent comme régulateurs pour le fleuve en temps d'inondations.

Pour qu'une inondation générale de la contrée puisse se produire, il faut que toutes les jheels aient été remplies par le fleuve, ce qui en général prend de 8 à 15 jours. Les crues se font sentir de 3 à 4 jours après la pluie.

La contrée, drainée par le Rapti, a une surface d'environ 23 300 km^2 égale à plus de la moitié de celle de la Suisse.

La décharge maximum du fleuve est de 2 266 m^3 par seconde; à l'étiage elle n'est plus que de 45 m^3 par seconde.

Ces résultats, basés sur des jaugeages soigneusement exécutés au moyen de flotteurs pendant les inondations des années 1885 et 1886, ont été vérifiés d'une manière indépendante par la pente moyenne entre les profils. Ceux-ci au nombre de six ont été pris à tous les 152½ *m* (500 pieds anglais).

Pour la réduction des résultats les formules de Ganguillet et Kutter ainsi que celle de Grebenau résumant les expériences du Mississippi furent employées et donnèrent des résultats pratiquement identiques.

En temps d'inondation les eaux montent 7,62 *m*, la pente du fleuve est de 1 pour 21 120 et le rayon moyen 5,49 *m*.

A l'étiage la pente est à peu près double. Le fleuve commence à monter en juin, les inondations se produisent en août et septembre, puis le fleuve redescend graduellement jusqu'en février et mars où il survient quelques petites crues de 1 à 2 *m* et il atteint son niveau le plus bas entre avril et juin.

Des sondages préliminaires indiquèrent la présence de 9,76 *m* de sable suivi d'une couche de bloc Kunker (carbonate de chaux impur dont il sera parlé plus loin) de 7,63 *m* d'épaisseur contenant quelques minces couches d'argile parsemées de concrétions pisolitiques de péroxyde hydraté de fer d'une grosseur variant entre un grain de moutarde et un œuf de pigeon (Fig. 7).

Ce Kunker est suivi de 5,19 *m* de sable à gros grains, de couleur bleuâtre et repose sur une couche d'argile très dure, d'une épaisseur supérieure à 12,20 *m* profondeur à laquelle furent suspendus les forages.

Par suites d'accidents arrivés à d'autres ponts situés dans des circonstances semblables dans d'autres parties de l'Inde et qui n'ont que trop souvent démontré que l'effet des crues pouvait se faire sentir jusqu'à 15,25 *m* sous les eaux basses, on décida que les cylindres seraient fondés sur la couche inférieure d'argile.

Le système de piles reposant sur cylindre unique, d'un usage général aux Indes pour les ponts de cette espèce, fut adopté (Fig. 1, 2, 3, 5, 6 et 7).

Par suite de la présence des bancs friables du fleuve qui sont violemment érodés à chaque crue le nombre des arches fut fixé à neuf chacune ayant 45,72 *m* d'ouverture et le type de poutre métallique Warren adopté aux travaux publics des Indes fut choisi pour le tablier métallique.

L'épaisseur des piles et des piles culées est de 2,895 *m* ce qui donne donc pour la longueur totale de l'ouvrage 440,44 *m*.

Les puits sur lesquels reposent les piles ont un diamètre extérieur de 7,772 *m* et un diamètre intérieur de 4,115 *m*.

La partie supérieure des puits dans le dernier mètre,