

Die Bauweise Hennebique

Autor(en): **Ritter, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **33/34 (1899)**

Heft 5

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-21306>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Die Bauweise Hennebique. — Le laboratoire de mécanique de l'École polytechnique fédérale à Zurich. II. (fin.) — Miscellanea: Das Park Row-Gebäude in New-York. Pflasterungen von Bahnhöfen. Versorgung Londons mit Seewasser. Eisenbahnmuseum in Nürnberg. Die 5000. Lokomotive. — Konkurrenzen: Stadthaus in Baulmes (Waadt). —

Nekrologie: † Michael Nicolajewitsch Annenkow. — Litteratur: Die architektonische Formenlehre. — Korrespondenz: Concours pour la construction d'une église française à Bienne. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Die Bauweise Hennebique.*)

Von Prof. Dr. W. Ritter.

Alle Rechte vorbehalten.

A. Konstruktive Seite.

Mehr und mehr breitet sich im Bauwesen die Verwendung von Beton mit Eiseneinlagen aus. In Deutschland und Oesterreich hat sich hauptsächlich die Bauart Monier Anerkennung verschafft; in die Schweiz dagegen hat von Belgien her über Frankreich vornehmlich die Bauweise Hennebique Eingang gefunden. Welche steigende Bedeutung die Hennebique'sche Bauart besitzt, mögen einige statistische Angaben bestätigen.

Aus den gedruckten Jahresberichten, welche von den Centralbureaux in Paris und Brüssel herausgegeben werden, ergibt sich die Anzahl der in den vergangenen Jahren ausgeführten Bauwerke wie folgt: 1894: 62, 1895: 127, 1896: 289, 1897: 474. Davon fallen auf die Schweiz 1894: 7, 1895: 22, 1896: 46, 1897: 51. Im Jahre 1898 sind in der Schweiz 85 Objekte in Angriff genommen worden; sie verteilen sich wie folgt auf die verschiedenartigen Baugebiete: Wohnhäuser 26, öffentliche Gebäude 15 (hieszu gehören unter anderm sämtliche Fussböden des neuen Postgebäudes in Lausanne), industrielle Gebäude 31, Magazine, Ställe etc. 5, Brücken und Reservoir 7, Fundierungen 1. Die Gesamtkosten dieser 85 Objekte beträgt gegen zwei Millionen. Die grössten bis jetzt in der Schweiz vollendeten Arbeiten sind zwei 1894—95 erbaute Magazine (Entrepôts) in Lausanne im Werte von 250000 Fr.

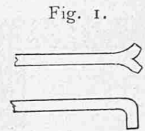
Sowohl die Hennebique'sche wie die Monier'sche Bauart, sowie einige andere, die zur Ausführung gelangt oder vorgeschlagen worden sind, verwenden das Eisen stets da, wo die Zugfestigkeit des Betons nicht ausreicht, so dass der Beton hauptsächlich die Druckspannungen, das Eisen hauptsächlich die Zugspannungen im Innern eines Trägers aufzunehmen hat.

Während Monier starke Drähte, die durch dünnere Querdrähte zu einem Netz verbunden sind, verwendet, arbeitet Hennebique mit Rundeisenstangen, die durch Bügel aus Flacheisen mit dem Beton in engeren Zusammenhang treten. Das in der Schweiz erhobene Patent vom 21. Febr. 1893 macht folgende Ansprüche geltend: „1° Une poutre composée d'une ou de plusieurs barres de fer noyées dans du béton de ciment, ces deux éléments étant disposés de manière que la barre ou les barres de fer soit placée ou soient placées dans la partie où doit se produire l'effort de traction et le béton de ciment surtout dans la partie où doit avoir lieu l'effort de compression; 2° dans la poutre revendiquée, des étriers-entretoises reliant les barres de traction à la partie de la masse qui travaille à la compression.“

Im Dezember 1897 reichte Herr Hennebique drei weitere Patentgesuche ein. Das erste behandelt eine Deckenkonstruktion, bei der Fussboden und Decke in zwei besonderen, unter sich verbundenen Schichten ausgeführt werden, das zweite die Anwendung der Bauweise auf Pfähle und Spundwände. Das dritte beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Aufwärtsbiegen und Uebergreifen der Eisenstangen an den Auflagern kontinuierlicher Balken. (Vgl. Fig. 2.)

Die Eisenstangen, die beim Hennebique'schen Bauverfahren verwendet werden, besitzen meistens Durchmesser

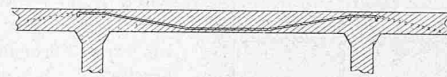
von 10—40 mm. Wenn nötig, bringt man zwei, vier, acht oder noch mehr Stangen neben- und übereinander an. An ihren Endpunkten wurden die Stangen anfänglich geissfussartig ausgeschmiedet, damit sie im Beton festen Halt gewinnen (Fig. 1). In neuerer Zeit wird diese Ausgabelung nur noch bei kleinen Durchmesser angewandt; dickere Stangen werden an den Enden einfach rechtwinklig abgebogen.



Fast ausschliesslich werden geradlinige Stangen verwendet, nur ausnahmsweise (bei Bogenträgern z. B.) verwendet man gebogene Stangen (Vgl. Fig. 11).

Bei kontinuierlichen Balken, die an den Stützpunkten von negativen Biegemomenten beansprucht werden, wird die Hälfte der Stangen an zwei Punkten leicht abgeknickt und so verlegt, dass sie in der Spannweitenmitte in der Nähe der untern Kante, an den Stützpunkten dagegen in

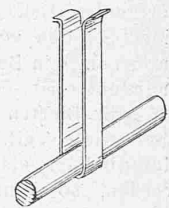
Fig. 2.



der Nähe der oberen Kante verlaufen (Fig. 2). Dabei übergreifen sich die Stangen über den Auflagern. Bei kleinen Spannweiten laufen die Stangen auch ohne Unterbrechung über die Auflager hinweg.

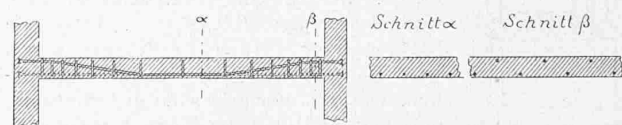
Die Bügel (Etriers) bestehen aus Flacheisen von meistens 30—60 mm Breite und 2—4 mm Dicke. Sie umfassen unten die Stangen und werden an den obern Enden rechtwinklig abgebogen (Fig. 3). Stangen und Bügel sind stets vollständig im Beton eingebettet.

Fig. 3.



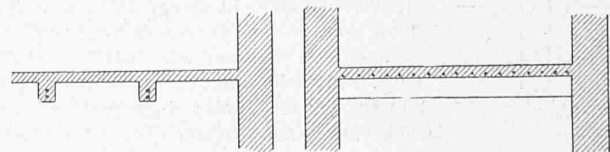
Die Hennebique'sche Bauweise eignet sich ihrer Natur nach in erster Linie für gerade Balkenträger und Fussböden oder Decken. Mit verhältnismässig geringen Betonstärken werden Böden von grosser Tragfähigkeit hergestellt. Nutzlasten von 1000—2000 kg pro m² und mehr sind nichts seltenes. Gerade bei solch schwer belasteten Böden erweist sich die Hennebique'sche Bauweise als vorteilhaft gegenüber reinen Eisenkonstruktionen. Häufig sind auch schon Gebäude mit mehreren Stockwerken und Säulenstellungen ausgeführt worden.

Fig. 4.



Bei kleinen Spannweiten werden einfache glatte Decken oder Platten hergestellt (Fig. 4). Bei grösseren Weiten dagegen bringt man unter den Decken Tragbalken an

Fig. 5.



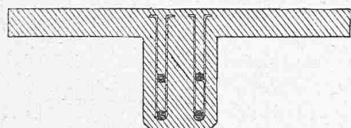
(Fig. 5). Die Rundeisen laufen hierbei in den Decken der Länge nach, in den Balken der Quere nach. Von den Rundeisen der Decke wird jedes zweite abgebogen, sodass

*) Frühere Artikel über diesen Gegenstand sind erschienen in der Schweiz. Bauztg. Jahrg. 1895 Bd. XXV S. 31; Jahrg. 1897 Bd. XXIX S. 61, 68, 77.

die Eisen über den Balken abwechselnd in der oberen und unteren Kante liegen (Fig. 4). Die Tragbalken erhalten gewöhnlich zwei bis acht Stangen, je zwei übereinander, von denen je die obere, wenn Kontinuität vorhanden ist, abgebogen wird.

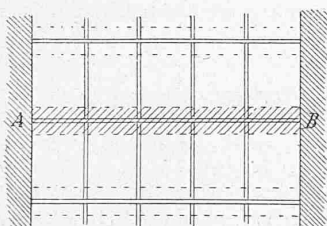
Bei der statischen Berechnung eines Balkens wird stets ein Stück Platte zum Querschnitt mit hinzugezählt, so

Fig. 6.



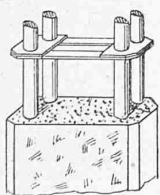
der Deckenoberfläche in zwei auf einander senkrechten Richtungen auf Druck in Anspruch genommen, nämlich für die Decke selbst in der Längsrichtung, für die Träger in der Querrichtung. Doch hat diese Doppelbeanspruchung, wie Theorie und Erfahrung lehren, nichts Bedenkliches.

Fig. 7.



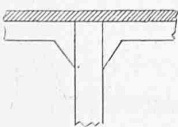
Sind grössere Räume zu überdecken, so werden querlaufende Hauptträger und längs laufende Nebenträger angeordnet (Fig. 7). Auch hier rechnet man die Trägerquerschnitte bis zur Oberfläche der Decke, d. h. man fügt zum eigentlichen Balken stets ein Stück Decke hinzu. In diesem Falle entstehen jedoch an der Oberfläche in der Querrichtung zweierlei Spannungen, die von rechts wegen addiert werden sollten. Um diese Addition zu vermeiden, zieht man bei den Hauptträgern (A B in Fig. 7) nur einen Streifen von beschränkter Breite (etwa $\frac{1}{3}$ der Trägerentfernung) in Betracht, wie es in der Figur durch Schraffur angedeutet ist. Man kann sich dann vorstellen, dass bloss die schraffierten Deckenteile doppelt beansprucht sind. Da aber diese Teile infolge ihres engen Anschlusses an die Hauptbalken als Deckenteile nur sehr wenig beansprucht werden, so kann man diese Beanspruchung ausser Acht lassen. Thatsächlich nimmt die Deckenspannung ab, je mehr man sich dem Balken nähert und umgekehrt nimmt die vom Balken herrührende Spannung ab, je mehr man sich vom Balken entfernt; obige Regel ist daher trotz der scheinbar ihr anhaftenden Willkür annehmbar.

Fig. 8.



Noch grössere oder besonders schwer belastete Decken werden durch Säulen oder Pfeiler unterstützt. Gewöhnlich besitzen diese Säulen im Querschnitt die Form eines Quadrates mit gebrochenen Ecken. In der Nähe jeder Ecke wird ein Rundeisen eingebettet (Fig. 8). Etwa alle halben Meter werden die Stangen durch vier Blechstreifen mit einander verbunden, wodurch ihre gegenseitige Entfernung gesichert und überdies (ähnlich wie durch die Bügel) dem Beton mehr innerer Zusammenhang verliehen wird. An ihren oberen Enden werden die Säulen gewöhnlich konsolartig in die Balken übergeführt, was der Tragkraft der letzteren sehr zu gute kommt (Fig. 9). Ohne Not sollten diese Konsolen nicht weggelassen werden, denn gerade an diesen Auflagerstellen besitzen die Balken, wie später gezeigt wird, schwache Punkte. Am Fusse der Säulen werden volle Eisenplatten angebracht, die den Druck der Stangen besser über die Grundfläche verteilen.

Fig. 9.

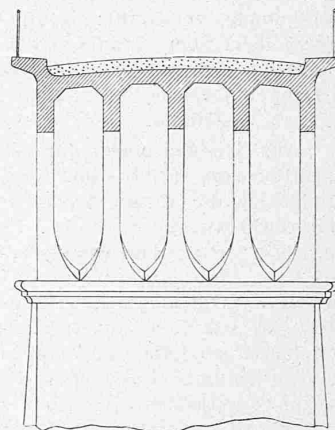


Die Hennebique'sche Bauweise ist bis jetzt hauptsächlich bei Hochbauten zur Anwendung gelangt, wofür sie sich auch am besten eignet. Ausser gewöhnlichen Balken

und Decken werden auch Kragträger, senkrechte Wände, flache und geneigte Dächer mit Sparren und Pfetten, ferner Treppenwangen, Treppenstufen, freitragende Treppen und dergleichen gebaut. Eine Mustersammlung der verschiedensten Anwendungen zeigt das vor 1—2 Jahren von Herrn Baumeister Rudolf Linder in Basel (Ecke der Freienstrasse und Barfüssergasse) erbaute Geschäftshaus*).

Im Brückenbau hat das Verfahren bis jetzt keine so ausgedehnte Anwendung gefunden wie im Hochbau. Balkenträger und Decken mit oder ohne Säulen lassen sich zwar auch hier vorteilhaft verwerten, wie mehrere in Frankreich und der Schweiz ausgeführte Bauten darthun. Zu Bogenträgern scheint sich das System indessen weniger zu eignen. Um dem Grundsatz der T-förmigen Träger treu zu bleiben, werden Bogenbrücken in der Regel rippenförmig hergestellt.

Fig. 10.



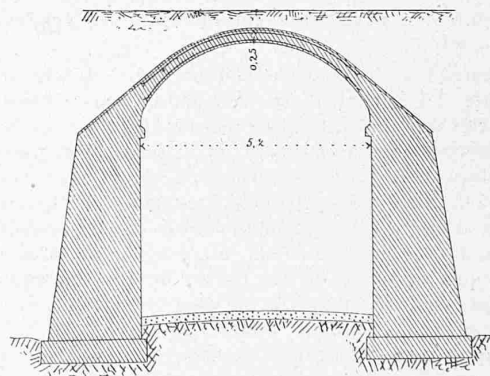
Die Bügel werden zum Teil lotrecht, zum Teil radial gestellt. Im Widerlager setzt sich die Konstruktion je nach Bedürfnis rippenförmig fort, oder es wird ein geschlossener Mauerkörper gebaut.

Figur 10 veranschaulicht eine solche Brücke, die im Kanton Waadt bei Clarens gebaut werden soll. Die geschlossene Decke wird beibehalten, weil sie ohnedies zur Unterstützung des Fahrbahnkörpers nötig ist.

Damit die Drucklinie auch im Kämpfer die erforderliche Materialmenge finde, werden dort die senkrechten Rippen verbreitert, während die Fahrbahndecke umgekehrt gegen die Auflager zu geschwächt wird. Rundeisen laufen sowohl der oberen geradlinigen Kante wie der Bogenlinie entlang.

Ob diese Anordnung dem Zwecke am besten ent-

Fig. 11.



spricht, oder ob es vorteilhafter ist, wie bei den steinernen Brücken einen geschlossenen Bogenträger zu bauen und mit Erde aufzufüllen oder auch die Fahrbahn auf Hennebique'sche Platten und leichte Scheidewänden zu stützen, müsste durch vergleichende Kostenberechnungen geprüft werden. Figur 11 zeigt den Längsschnitt einer solchen Bogenbrücke, die im Juni 1898 bei Vevey gebaut worden ist. Bei flach gespannten Bogen kann freilich die statische Berechnung eines solchen Bogens dazu führen, dass Eiseneinlagen gar nicht erforderlich sind, weil die Drucklinie nirgends aus dem Centrkern heraustritt, womit die Berechtigung, das Bauwerk ein Hennebique'sches zu nennen, dahin fielen.

Zur Herstellung der Hennebique'schen Bauwerke wird stets eine solide, gut versteifte Holzverschalung gebraucht.

*) S. Schweiz. Bauztg. 1897. Bd. XXX S. 105.

Bei längeren Balken wird die Schalung durch untergestellte Pfosten vor dem Einschlagen geschützt. Zuerst wird am Boden eine dünne Schicht Beton aufgetragen. Hierauf werden die Stangen und Bügel eingelegt und dann folgt das Einbringen des übrigen Betons. Die Bügel werden hierbei mit der Hand leicht angezogen und in richtiger Lage erhalten, bis sie im Beton selbst genügenden Halt finden. Grosses Gewicht wird darauf gelegt, dass der Beton gut am Eisen haftet. Zu diesem Zwecke werden die Eisenteile mit Cementmilch oder dünnem Cementbrei überstrichen. Um möglichst dichten Beton und engen Anschluss an die Eisenteile zu erzielen, wird der Beton stets in schwachen Schichten eingebracht und auf das sorgfältigste festgestampft. Zum Stampfen verwendet man besondere, an den Enden rechtwinklig abgegebene Eisenstäbe.

Zum Beton wird ausschliesslich feiner Kies (Gartenkies) verwendet. Das übliche Mischungsverhältnis ist 1:4 (etwa 350 kg Cement auf einen Kubikmeter Beton).

Dass die Eisenteile vor der Verwendung durchaus rein sein müssen, ist selbstverständlich. Auch der etwa vorhandene Rost sollte entfernt werden. Angestellte Beobachtungen haben gezeigt, dass sich zwar der Beton gut mit dem Rost verbindet, dass aber die Adhäsion des Rostes am Eisen ungenügend ist, so dass die Eisenstäbe bei starker Beanspruchung ins Rutschen kommen können, während der Rost am Beton haften bleibt.

Nach Versuchen von Bauschinger beträgt die Adhäsionskraft des Betons am Eisen 40—47 kg/cm^2 . Nimmt man die zulässige Inanspruchnahme des Eisens zu 1000 kg und die zulässige Adhäsionsspannung zu 10 kg an, so folgt, dass eine Stangenlänge gleich dem 25fachen Durchmesser genügt, um der Stange im Beton sicheren Halt zu geben. Denn die Adhäsionskraft beträgt in diesem Falle $10 \cdot \pi \cdot d \cdot l$, die Zugfestigkeit der Stange $1000 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$. Setzt man beide Werte einander gleich, so wird $l = 25d$. Eine so grosse Adhäsionslänge ist nicht immer vorhanden; die gabel- oder hakenförmigen Enden der Stangen sollte man demnach, namentlich angesichts der Unvollkommenheit aller menschlichen Arbeit niemals bei Seite lassen.

Die Frage der Adhäsionskraft ist übrigens nach meiner Ansicht noch nicht genügend untersucht. Es scheinen sich unter Umständen an der Berührungsfläche chemische Vorgänge abzuspielen, die die Adhäsionskraft begünstigen. Eine allseitige sorgfältige Prüfung dieser Frage wäre daher zu begrüssen.

Ein grosser Vorzug der Hennebique-Bauwerke besteht in deren Zähigkeit. Bei richtiger Ausführung nimmt der Beton eine Konsistenz an, die an die des Filzes erinnert. Im Jahre 1894 wurde in Zürich eine Hennebique-Decke abgebrochen, die während der kantonalen Ausstellung als Boden eines Wasserbehälters gedient hatte. Die Decke besass eine Dicke von 12 cm und war in Abständen von 3 m durch Säulen unterstützt. Die Zerstörung dieser Decke verursachte unerwartet grosse Mühe; es waren 6—10 Schläge mit einer Zugramme nötig, um nur ein kleines Loch zu erzeugen.

Hiermit steht auch der Vorgang im Einklang, der sich bei Belastungs- und Bruchversuchen abspielt. Ein plötzlicher Bruch des Trägers oder der Decke ist so gut wie ausgeschlossen. Bei kleinen Belastungen biegt sich der Träger wie ein eiserner elastisch durch; bei Wegnahme der Last kehrt er vollständig in seine alte Form zurück. Wird die Belastung vergrössert, so stellen sich nach einiger Zeit an der Zugseite kleine Risse ein, die sich langsam erweitern und nach der Druckseite hin verlängern. In der Mitte der Spannweite verlaufen die Risse annähernd lotrecht, an der Seite steigen sie in krummen, schiefen Linien an, die annähernd den Verlauf der Drucktrajektorien besitzen. Bei noch grösseren Belastungen treten endlich auf der Druckseite Abbröckelungen des Betons ein; die Eisenstangen strecken sich und fangen auch zuweilen im Beton zu rutschen an. Damit verliert der Träger seine Tragkraft, ohne dass er jedoch in Stücke zerbricht.

Dass Hennebique-Träger und -Decken gegenüber reinen Eisenkonstruktionen den Vorteil grösserer Feuersicherheit besitzen, liegt auf der Hand, ebenso dass sie infolge ihres grösseren Gewichtes unter den Verkehrslasten weniger in Erschütterungen geraten. Die elastischen Durchbiegungen sind etwa $\frac{1}{3}$ so gross wie bei eisernen Trägern von gleicher Tragkraft.

Ueber die Dauer der Hennebique'schen Bauwerke ein absolut sicheres Urteil abzugeben, ist zur Zeit kaum möglich, da die Beobachtungszeit noch zu kurz ist. Ein Rosten des Eisens ist ausgeschlossen, so lange das Bauwerk beständig trocken bleibt. Auch vorübergehendes Feucht- oder Nasswerden kann schwerlich schaden. Dagegen dürfte beständige Feuchtigkeit, namentlich wenn noch Säuren hinzutreten, nicht ganz gefahrlos sein. Ebenso können saure Dämpfe (Steinkohlenrauch) dem Eisen schaden, wengig lange nicht in dem Masse wie bei offenen Eisenbauten.

Ob die Adhäsion zwischen Eisen und Beton mit der Zeit abnimmt, sei es infolge von Erschütterungen oder infolge von Temperaturschwankungen, muss die Zukunft lehren; die bisherigen Erfahrungen lassen hierüber noch kein abschliessendes Urteil zu.

Ob ein Bauwerk nach Hennebiques Verfahren bei gleicher Tragfähigkeit billiger wird als ein solches aus Eisen, lässt sich ohne Kostenberechnung schwer zum Voraus sagen. Doch zeigen die bisherigen Vergleiche, dass Hennebique-Bauten bei schweren Belastungen gewöhnlich im Vorteil sind; die Ersparnis beträgt im Durchschnitt etwa 25 %. Freilich gilt dies zunächst nur von Bauten, die nach Hennebique'scher Weise berechnet worden sind. (Vgl. das folgende Kapitel.) Berechnet man die Bauten nach richtigeren Grundsätzen, und verlangt man gleiche Tragsicherheit wie bei Eisenbauwerken, so können sich leicht letztere als billiger herausstellen. Immerhin bleibt den Bauwerken nach Hennebique stets noch der Vorteil der grösseren Feuersicherheit und der der geringeren Empfindlichkeit gegen Erschütterungen gewahrt. (Forts. folgt.)

Le laboratoire de mécanique de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich.

II (fin).

A l'exception d'une partie de la charpente de la toiture, le gros œuvre du bâtiment est entièrement construit en maçonnerie et fer.

Les fondations, ainsi que les murs en élévation, jusqu'en dessous du soubassement sont en béton de ciment Portland, dosé à raison de 200, 250 ou 300 kg de ciment par mètre cube de gravier, suivant les circonstances.

Le terrain était bon en somme, quoique de nature variable; c'était une roche molassique tendre, dont la surface présentait des stries glaciaires intéressantes; mais très souvent cette roche disparaissait subitement pour faire place à une marne, très compacte sans doute, mais susceptible de se diluer dans l'eau.

La largeur de l'empâtement a été calculée de manière que la pression sur le sol ne dépasse nulle part 3 kg par centimètre carré.

Sous la façade à l'Ouest, dont la hauteur atteint 26 m, j'ai fait noyer dans le béton des fers I afin de remédier à l'inégalité du sol.

La tour repose sur une dalle de béton de 8 × 9 m et de 1 m d'épaisseur, de même avec grillage en fer. Sur cette dalle s'élèvent les fondations proprement dites, de 2 m d'épaisseur.

Les murs en élévation sont en grès de Bollingen et maçonnerie de moellons jusqu'au niveau du bandeau sur le rez-de-chaussée; certains piliers très chargés sont en granit.

Les étages supérieurs sont en maçonnerie de briques, le tout hourdé en mortier de chaux hydraulique. Les trumeaux en briques de la façade principale, de section