

## ゴシック教会堂の壁内通路への木製足場の固定：近代の修復資料と遺構に現存する横材用の穴から

嶋崎，礼  
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/7337132>

---

出版情報：Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ). 89 (816), pp.390-399, 2024-02. Architectural Institute of Japan

バージョン：

権利関係：© 2024, Architectural Institute of Japan



## ゴシック教会堂の壁内通路への木製足場の固定

近代の修復資料と遺構に現存する横材用の穴から

## WOODEN SCAFFOLDINGS FIXED TO THE WALL PASSAGES IN THE GOTHIC CHURCHES

Study based to the visual records of the modern restoration works and the putlog holes attested in masonry

嶋 崎 礼<sup>\*1</sup>

Aya SHIMAZAKI

This paper focuses on the installation method of wooden scaffoldings in Gothic church buildings in relation to wall passages such as “triforium”. The possibility of fixing putlogs to wall passages has been pointed out for two specific cases, but other cases have not been identified. By examining drawings and photographs created for the modern restoration works and putlog holes in the vestiges, it was found that putlogs were supported on the floor level or the same level as the parapet wall or the balustrade of wall passages.

**Keywords :** Gothic architecture, Triforium, Construction, Scaffolding

ゴシック建築, トリフォリウム, 建設, 足場

## 1. はじめに

建設工事において足場は必要不可欠である。それは現在も建物の新築や修復で（主として鉄骨の）足場が現場全体を囲むように設置されていることから自明である。2019年4月に生じたパリ・ノートル＝ダム大聖堂の屋根火災後、復旧再建工事のために張り巡らされた足場はまさに「鉄の大聖堂」の観を呈している<sup>注1)</sup>。

もちろん、パリ・ノートル＝ダム大聖堂が建設された12世紀当時の足場は、鉄骨ではなく木製である点や、規模もさほど小さくなく建設の進行に応じて適宜移動させながら使ったという点で現代のそれとは異なっている。しかし垂直材と水平材、筋交いなどからなる骨組みと、作業場となる水平な板材（あるいは頑丈な網のようなもの）を用いるという点は共通である。中世の建設現場を証言する史料として、文書史料、写本やステンドグラス等の図像史料、そして現存する遺構がある。足場に言及する中世の文書史料はほとんど知られていないが<sup>注2)</sup>、建設現場を描いた図像史料は豊富にあり、現存する遺構にも「横材用の穴」をはじめとする痕跡がみられることがある。それらの調査により、中世の足場に関してすでに比較的確進んだ研究成果が上げられている<sup>注3)</sup>。

「横材用の穴 (trou de boulin (仏) / putlog hole (英))」とは、足場を構成する横材 (boulin (仏) / putlog (英)、壁に垂直な位置関係にある水平材) を組積に固定するために設けられる（多くは長方形や正方形の）穴のことである (Fig. 1)。木製の足場は独立した構造物として地上から立ち上げられただけでなく、穴に横材を差し込むことによって片持ち梁式に、いわば壁の上部に寄生するように固定されることもあったことが知られている<sup>注4)</sup>。高価な木組用

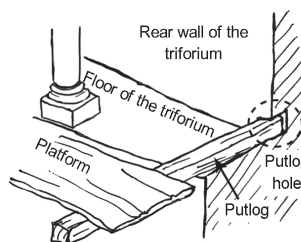


Fig. 1. Diagram showing the detail of a triforium and a putlog

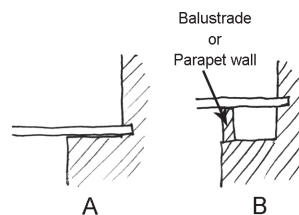


Fig. 2. Two ways to fix a putlog to the rear wall of triforium

の木材を節約する必要<sup>注5)</sup>に加え、上階のみで木組を支えられれば地上階は自由に使えるため、それだけ早く聖堂としての使用を開始できるという利点があったといわれる<sup>注6)</sup>。横材用の穴は建設完了後もしばしばそのまま残されたため<sup>注7)</sup>、遺構にも観察することができる。横材用の穴の調査により、建設時の足場の位置や設置方法を推定する試みもなされている<sup>注8)</sup>。

壁上部へ片持ち梁式に足場を固定する場合、差し込まれた横材の安定性が問題となる。横材用の穴は壁面、マッシブな控え壁などに設けられ、開口部の直上など荷重支持に向かない部位は避けられる。

また、横材を安定させるための工夫として「トリフォリウム (triforium (仏・英)、立面の中間層を占める背の低いアーケードで、壁の厚みの内部に狭い水平通路を設ける壁内通路の一種)」が利用された可能性が、リヨンのサン＝ニジエ教会堂とサン＝ルー＝デスラン修道院教会堂に関する研究で指摘されている<sup>注9)</sup>。それによる

<sup>\*1</sup> 九州大学大学院芸術工学研究院 / 日本学術振興会 特別研究員・工博

JSPS Research Fellow / Faculty of Design, Kyushu University, Dr.Eng.

と、両教会堂では横材をトリフォリウムの背後の壁に開けられた穴に差し込むだけでなく、穴と同じ高さにあるトリフォリウムの欄干上面にも支持させることによって、より高い安定性が追求されている（Fig. 2-B, 14, 24）。欄干上面が横材の支点として働きのうのである。欄干のないトリフォリウムにおいても、背後の壁の最下部、床に近い位置に穴を設ければ、同様の効果が期待できる。こうした、欄干レベルや床レベルに設けられた横材用の穴の存在は、足場設置のために建物の構造を戦略的に利用していたことを示す証拠として興味深いものであるが、同様の機構を採用した他の事例については、先行研究では言及されていない。トリフォリウムについては後述する「万年足場」としての使用法が指摘されてきたものの、足場の設置場所としての利用は上述の2件の建築に関する指摘の他いくつかの仮説的な復元図で示されてきたにすぎず<sup>10)</sup>、具体的な事例については整理されてこなかった。

残念ながら、トリフォリウムを描いた中世の図像が限りなく少ないこともあって、トリフォリウムに足場を固定する模様を描いた図像は管見の限り発見されていない。しかし、19世紀から20世紀に行われた歴史的建造物の修復工事の際に作成された図面や写真は豊富にある。まだ木製足場を使っていた20世紀初頭までの修復工事では、既存の横材用の穴が修復工事の足場の固定に利用されることもあった<sup>11)</sup>。近代の工事で設置された足場が中世に作られた足場とまったく同じであるとはいえないが、これらは近代のトリフォリウム利用事例として参考になりうる。

本論文では、トリフォリウムへの足場の固定法について検証するため、「近代の修復時の図面や写真」「現状の遺構に残された横材用の穴」の2種の史料を分析する。適宜、トリフォリウム以外の壁内通路（クリアストーリー階通路等）の事例にも目を向ける。

## 2. 万年足場としての壁内通路

トリフォリウムやその他の壁内通路は恒久的な足場（「万年足場」）として使うことができた<sup>12)</sup>。木製の仮設足場はいかに豊かな経験に基づいて組まれたとしても崩壊の危険性ははらんでおり、人身事故の記録も残されている<sup>13)</sup>。その点、トリフォリウム等が比較的安全な通行場所として機能したことは容易に想像がつく。ただし通路は狭いので（多くは幅50 cm程度<sup>14)</sup>）、職人が道具を携えて単身で移動したり、籠に入れたモルタルを運んだりする程度ならともかく、例えば通路の内部を2人がかりで石材を抱えて運搬することは困難と想像される。

通行場所・作業場所としては、トリフォリウムの背後にある側廊（やトリビューン）の屋根裏の空間も有用であっただろう。屋根裏には、側廊のヴォールトの外輪がそのまま露出していることもあり（サン＝カンタン参事会教会堂など）、平らにならしてあることもあり（サン＝カンタン参事会教会堂など）、後者の場合は特に通行や作業に便利だったと考えられる。実際、サン＝カンタンではトリフォリウムの背後の壁の屋根裏側に中世のものと思わしき落書きの痕跡が確認された。また、バイユー大聖堂の周歩廊の屋根裏は13世紀以来、図面の作図場として活用されていたという<sup>15)</sup>。屋根裏は、適切に整備すれば広さの点でも安全性の点でも、トリフォリウムより優れた通行場所や作業場所になりうる。ただしアミアン大聖堂のように屋根裏の床が平らでない場合は通行が不便になる。また、側廊の片流れ屋根を支持する小屋組が一定間隔で設置されているため、梁がスムーズな通行を妨げることがある<sup>16)</sup>。

「万年足場」たるトリフォリウム等の壁内通路や側廊の屋根裏にはそれぞれ利点と欠点があるものの、工事の進行に伴って建設される螺旋階段で容易にアクセスすることができ<sup>17)</sup>、建設中のみなら

Table 1. List of drawings and photographs showing modern restoration work with scaffoldings fixed to wall passages.

|    | Type    | Target building                      | Date created | Purpose of the work                                          | Where putlog is fixed                             | Reference                                                          |
|----|---------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | Drawing | Luçon, Cathedral                     | 1834         | Repair of the principal vaults                               | Triforium parapet wall                            | MPP cote 0082/085/2005, no. 077618 (002)                           |
| 2  | Drawing | Dijon, Notre-Dame church             | 1875         | Mending of the flying buttresses                             | Clerestory passage floor                          | MPP cote 0082/021/1021, no. 099966                                 |
| 3  | Drawing | Dijon, Saint-Bénigne abbey church    | 1903         | Rebuilding of a buttress and the transversal arch of a vault | Triforium parapet wall / Clerestory passage floor | MPP cote 0082/021/1018, no. 014400                                 |
| 4  | Drawing | Meaux, Cathedral                     | 1905         | Mending of the transversal arch of a vault                   | Triforium floor                                   | MPP cote 0080/120/1002, no. 00221                                  |
| 5  | Drawing | Abbeville, Saint-Vulfran church      | 1908         | Repair of the clerestory windows                             | (Composite work in the triforium passage)         | MPP cote 1996/088/0016, no. 07523                                  |
| 6  | Drawing | Nantes, Cathedral                    | 1908         | Repair of the vaults                                         | Triforium balustrade                              | MPP cote 0082/044/2007, no. 080467                                 |
| 7  | Drawing | Nantes, Cathedral                    | 1914         | Repair of the upper parts                                    | Triforium balustrade                              | MPP cote 0082/044/1007, no. 041278                                 |
| 8  | Drawing | Noyon, Cathedral                     | 1920         | Consolidation                                                | Triforium floor                                   | Inventaire général du patrimoine des Hauts-de-France <sup>*1</sup> |
| 9  | Drawing | Reims, Cathedral                     | 1921         | Consolidation of the vault                                   | Triforium floor                                   | MPP cote 1996/088/10, no. 07512 [D]                                |
| 10 | Drawing | Chartres, Saint-Pierre church        | 1946         | (No mention)                                                 | Triforium balustrade                              | MPP 0082/028/1015, no. 018831                                      |
| 11 | Drawing | Nantes, Cathedral                    | 1952         | (No mention)                                                 | Triforium floor                                   | MPP cote 0082/044/1007, no. 031438                                 |
| 12 | Drawing | Évreux, Cathedral                    | 1955         | Mending of the vaults                                        | (Composite work in the triforium passage)         | MPP cote 0082/027/2009, no. 067814                                 |
| 13 | Drawing | Saint-Quentin, collegiate church     | No mention   | Centering of a vault                                         | Triforium balustrade                              | MPP cote 0082/002/1051, no. 098387                                 |
| 14 | Photo   | Saint-Quentin, collegiate church     | after 1917   | Restoration after World War I                                | (Not clear)                                       | base Mémoire <sup>*2</sup> , Référence no. APMH0110255             |
| 15 | Photo   | Soissons, Cathedral                  | c. 1918      | Restoration after World War I                                | Triforium floor                                   | base Mémoire, Référence no. APMH0086192                            |
| 16 | Photo   | Reims, Cathedral                     | 1922         | (No mention)                                                 | Triforium floor                                   | base Mémoire, Référence no. APMH00065579                           |
| 17 | Photo   | Nantes, Cathedral                    | 1948         | Restoration after World War II                               | Triforium balustrade                              | base Mémoire, Référence no. APMH0197635                            |
| 18 | Photo   | Crécy-la-Chapelle, collegiate church | 1973         | Consolidation of the interior wall                           | Triforium floor                                   | MPP cote 0081/077/0020, no. 0107                                   |

\*1 [https://inventaire.hautsdefrance.fr/illustration/IVR22\\_20096000384NUCA](https://inventaire.hautsdefrance.fr/illustration/IVR22_20096000384NUCA)

\*2 <https://www.pop.culture.gouv.fr/advanced-search/list/memoire>



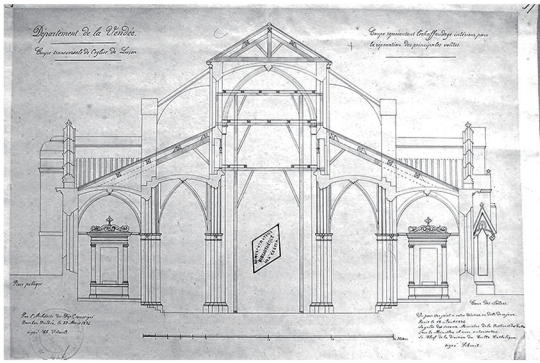


Fig. 3. Case No. 1. Luçon Cathedral, section showing the scaffolding (Vetault, 1834)

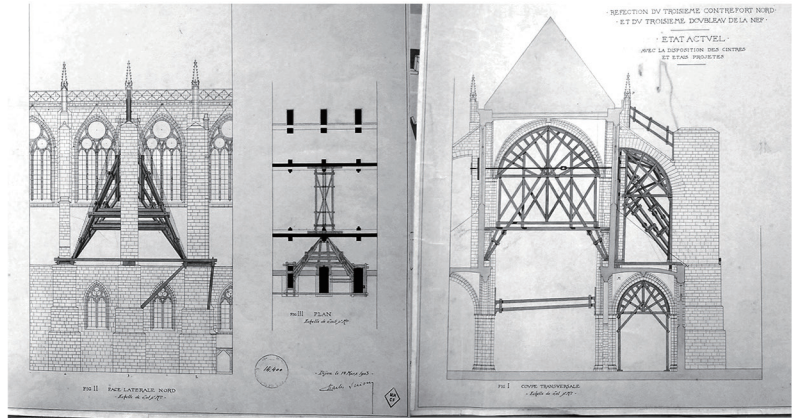


Fig. 4. Case No. 3. Dijon, Saint-Bénigne abbey church, exterior elevation (left), plan (center) and section (right) showing the centering and consolidations (C. Suisse, 1903)

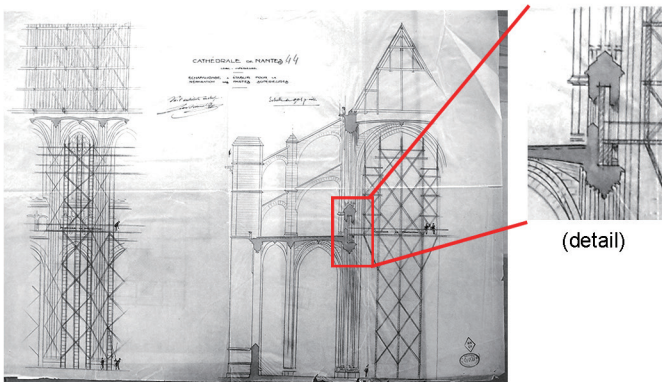


Fig. 5. Case No. 7. Nantes Cathedral, elevation (left) and section (right) showing the scaffolding (L. Vincent, 1914)

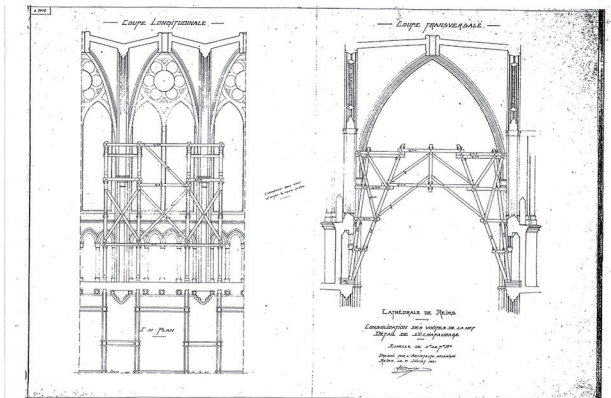


Fig. 6. Case No. 9. Reims Cathedral, elevation (left) and section (right) showing the scaffolding (H. Deneux, 1921)

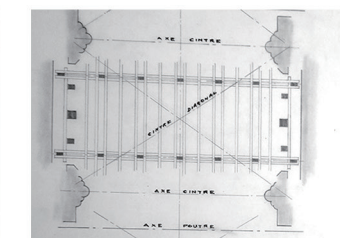
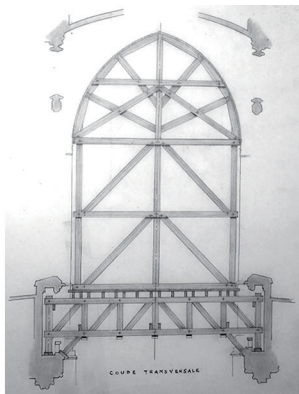


Fig. 7. Case No. 12. Evreux Cathedral, section (left) and plan (above) showing the scaffolding and the centering (J. Merlet, 1955)

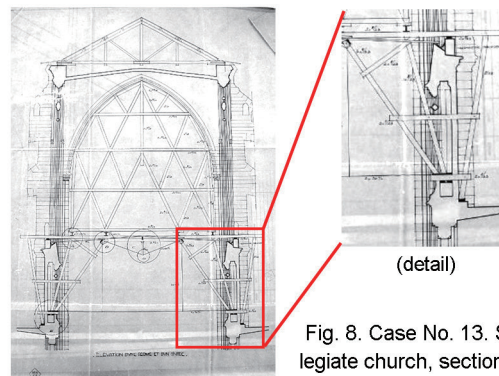


Fig. 8. Case No. 13. Saint-Quentin, collegiate church, section showing the scaffolding and the centering



Fig. 9. Case No. 15. Soissons Cathedral, photograph showing the work after 1918



Fig. 10. Case No. 16. Reims Cathedral, photograph showing the scaffolding in 1922

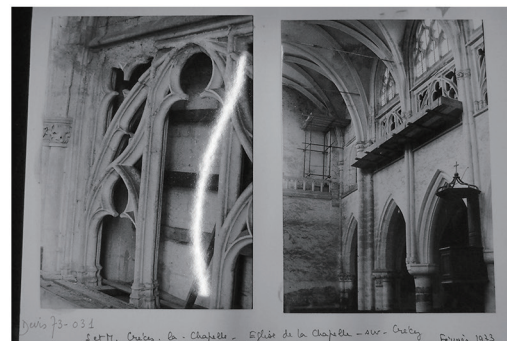


Fig. 11. Case No. 18. Crécyl-la-Chapelle, photograph showing the work for consolidation in 1973.



ず建設後も使用可能であった。とはいえ「万年足場」だけで建物全体の建設に足りるわけではない。木製の仮設足場は中世の建設現場に不可欠であった。

### 3. トリフォリウム等への足場固定—近代の修復現場

本章では19～20世紀の修復や保全工事に際して作成された図面（主にフランス・シャラント＝ル＝ボンの建築・写真メディアテーク（MPP）に所蔵）や写真をもとに、トリフォリウム等と足場の関係を検討する。なお、現代の鉄骨造の足場もトリフォリウムに固定されることがあるが<sup>注18)</sup>、木製足場とは構造的に大きく異なるため本論文では考慮しない。

表（Table 1）に示した18の事例のうち、南北どちらかの壁にのみ足場をかけた例は3例（事例11, 17, 18；Fig. 11）だが、南北の壁の間をかけ渡すように足場を設置した例は13例（事例1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16；Fig. 3～10）と多い。後者の事例の図面や写真には、ヴォールトやクリアストーリーの修復が工事の主な目的として明記されている。ヴォールトの工事には南北の壁をつなぐ比較的大きなプラットフォームが必要となるが、その際に南北のトリフォリウム同士を直接横材でつないだり、南北それぞれのトリフォリウムに斜め材を支持させ、その上にプラットフォームを設置したりしていたことがわかる。

トリフォリウム内に足場の一部を固定する方法は、一通りではない。通路の床に横材を支持させている例<sup>注19)</sup>（Fig. 2-A、事例2, 3, 4, 8, 9, 11, 15, 16, 18；Fig. 4, 6, 9～11）だけでなく、トリフォリウムのアーケードの立ち上がり部分（mur bahut（仏）／parapet wall（英）、アーケードの柱が載る、トリフォリウムの床より15cm～1m程度高くなった部分）や欄干（プレーンな壁ではなく意匠的な透かしになった立ち上がり部分）に横材を支持させる例（Fig. 2-B、事例1, 6, 7, 10, 13, 17；Fig. 3, 5, 8）も多くみられた。一部は背後の壁に横材を差し込んで固定しているように見える（事例9, 13）。さらに、通路内部に組まれた木組と一体化されることもあったようだ（事例3, 5, 12；Fig. 4, 7）<sup>注20)</sup>。

### 4. トリフォリウム等への足場固定—遺構に現存する横材用の穴

現在トリフォリウムの背後の壁に残されているいくつかの横材用の穴は、実際にこれらの図面や写真のようにトリフォリウムが足場支持に使われたことを示唆している。筆者は2015年から2023年にかけてフランス国内の33件の建物のトリフォリウムへ立入調査を行った。33件のうち10例において、2ペイ以上にわたる横材用の穴が観察された（Table 2）。無論、横材用の穴がなくとも、前章でみたようにトリフォリウムの床に斜め材を支持させたり、通路内部の木組と足場を一体化して固定したりすることは可能であるため、穴が残っていないトリフォリウムも足場の支持に役立った可能性は充分ある。

トリフォリウム内の横材用の穴のほとんどは背後の壁に設けられており、トリフォリウムのアーケードや欄干の部分に穴が確認されることは多くない。一方で、背後の壁に設けられた横材用の穴を分類すると、床すれすれの位置に設けられたもの（Fig. 2-A）、アーケードの欄干や立ち上がり部分とほぼ同じ高さのもの（Fig. 2-B）、それ以外の高さのものがある。最後のものは横材を安定させるため

に通路の奥行きを利用できるというトリフォリウムならではの利点とは関係がなく、トリフォリウム以外の壁面に設けられた横材用の穴と役割としては変わらないといえる。そのため本論文では床レベルや欄干レベルに設けられた穴についてのみ検討する。

なお、横材用の穴が建設当初のものか、事後的に削られたものかは、穴が石材のどの位置にあるかを調べることである程度推測できる。建設時、石材を積み前に穴が加工される場合、煩雑さを避けるため、ほとんどの穴はブロックの隅角部か縁に沿って作られるためだ<sup>注21)</sup>。

#### (1) 床レベル

背後の壁の最下部、トリフォリウム通路の床すれすれに近い位置に設けられた横材用の穴は、ジュジェの教会堂の内陣（Fig. 12）、ラン大聖堂の袖廊西側と外陣（Fig. 13）<sup>注22)</sup>、ランス大聖堂（Fig. 16）<sup>注23)</sup>、シャロン＝シュル＝ソーヌ大聖堂（Fig. 22）の計4例に確認された。

ラン大聖堂の外陣では、半数以上の穴は石材の隅角部にあり、石材の加工の段階で設けられた可能性が高い。一方ランス大聖堂では、暗さや障害物のためトリフォリウムの床付近の組積のモルタル接合部を確認できなかったものが多いが、いくつかの穴は垂直接合部の真ん中にあるように見える。このような穴は、背後の壁を建設した後に削られた可能性が高いといえる。

ジュジェのサン＝ミシェル教会堂ではトリフォリウムのアーケードに立ち上がり部分があり、アーケードを建てた後は穴がその陰に隠れてしまうため、アーケードを建設する前の段階（つまり建物の建設中）でのみ役割を果たしたのであろう。

#### (2) 立ち上がり部分や欄干と同じレベル

「はじめに」で言及したように、リヨンのサン＝ニジエ教会堂の内陣（Fig. 24）やサン＝ルー＝デスラン修道院教会堂（Fig. 14, 15）に関して、欄干や立ち上がり部分とほぼ同じ高さに設けられた横材用の穴によって、横材が欄干や立ち上がり部分の上で支えられた可能性が、N. ルヴェロンとD. アンキエによってそれぞれ指摘されている。

欄干や立ち上がり部分とほぼ同じ高さに横材用の穴がある他の例は、ソワッソン大聖堂、アミアン大聖堂、ボーヴェ大聖堂（Fig. 17）、ディジョンのサン＝ベニーニュ大聖堂（Fig. 18）、そしてシャロン＝シュル＝ソーヌ大聖堂（Fig. 19～23）、計5件の建物に確認された。

ボーヴェ大聖堂のものは、穴の形状が不規則なことから、建設後に設けられた可能性が高い。シャロン＝シュル＝ソーヌの内陣の穴も建設後に作られたものだ（欄干は14世紀に付加されたもので、建設当初はなかったうえ<sup>注24)</sup>、穴がしばしば石材の真ん中にあるからである）<sup>注25)</sup>。同じ建物の外陣では、穴は石材の上縁部にあり形状も規則的であるため、石材の加工の段階で作られたと考えてよさそうである。

ディジョンのサン＝ベニーニュの外陣では、石に加工を施すことによって穴が設けられるのではなく、壁の組積を立ち上げる際に四角い空隙を残すようにして設けられている。前者のような穴はフランス語でtrou façonné、後者はtrou maçonnéと呼ばれる<sup>注26)</sup>。

Table 2. List of buildings in which putlog holes are attested in wall passages.

|    | Building                            | Zones                                           | Dating                          | Position of the putlog holes                                                |
|----|-------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Juziers, Saint-Michel church        | Choir                                           | c. 1175                         | Rear wall, floor level                                                      |
| 2  | Laon, Cathedral                     | bay 5-11* <sup>1</sup> , W side of the transept | c. 1185                         | Rear wall, floor level                                                      |
| 3  | Saint-Leu-d'Esserent, priory church | Nave, choir                                     | c. 1190                         | Rear wall, parapet wall level                                               |
| 4  | Soissons, Cathedral                 | bay 3N, 10S, 11S, 16                            | completed by 1212               | Rear wall, parapet wall level                                               |
| 5  | Reims, Cathedral                    | Nave, transept, choir                           | begun in 1211                   | Rear wall, floor level                                                      |
| 6  | Amiens, Cathedral                   | bay 7S, 13N-14N                                 | completed end of 13th c.        | Rear wall, parapet wall level                                               |
| 7  | Beauvais, Cathedral                 | Choir                                           | rebuilt after 1284              | Rear wall, parapet wall level                                               |
| 8  | Dijon, Saint-Bénigne abbey church   | bay 2-5 (at N side, holes are filled up)        | c. 1325                         | Rear wall, balustrade level                                                 |
| 9  | Chalon-sur-Saône, Cathedral         | Nave, choir (clerestory passages)               | c. 1310 (nave, reform of choir) | Clerestory, rear wall, balustrade level / id., floor level (bay 12S, 13-14) |
| 10 | Lyon, Saint-Nizier church           | Choir                                           | begun end of 14th c.            | Rear wall, balustrade level                                                 |

\*1 Bay is counted from west to east. S/N indicates south/north side

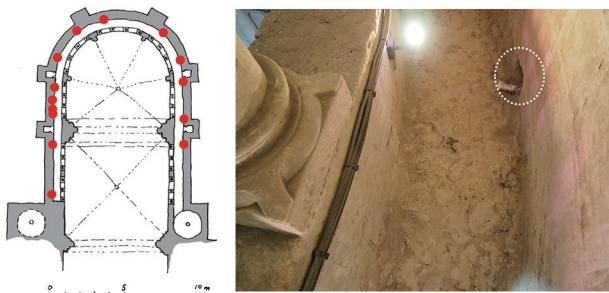


Fig. 12. Juziers, Saint-Michel church.

Left: plan of the choir at the height of the triforium with indications of putlog holes

Right: Interior view of the triforium with indication of a putlog hole

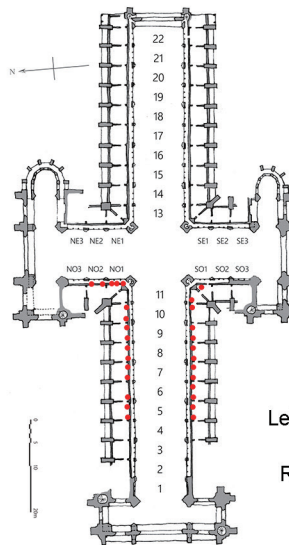


Fig. 13. Laon Cathedral.

Left: Plan at the height of the triforium with indications of putlog holes

Right: Triforium with indications of putlog holes

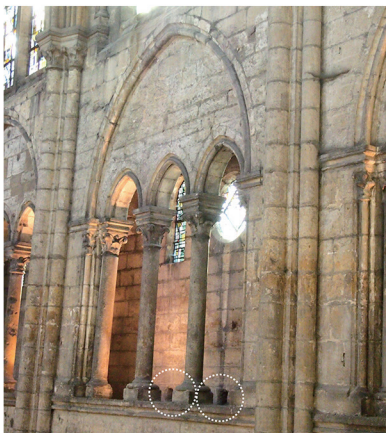


Fig. 14. Saint-Leu-d'Esserent, priory church. Nave, triforium with indications of putlog holes



Fig. 15. Saint-Leu-d'Esserent, priory church. Putlog holes

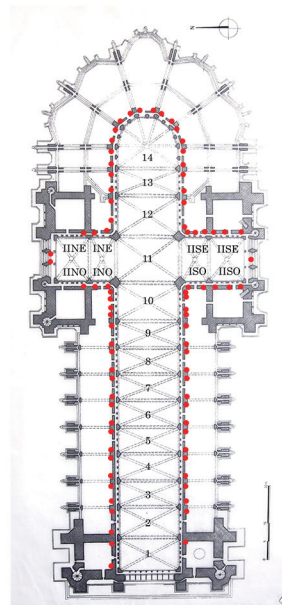


Fig. 16. Reims Cathedral.

Left: Plan at the height of the triforium with indications of putlog holes

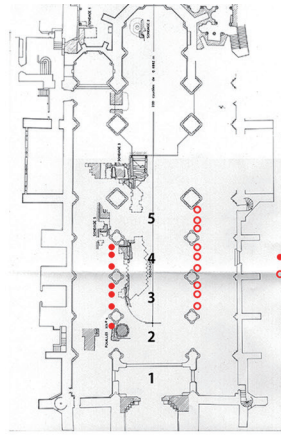
Right above: Triforium with indications of putlog holes

Right below: Putlog hole





Fig. 17. Beauvais Cathedral, choir. Triforium with indications of putlog holes



Putlog holes:  
• Not filled up  
◦ Filled up



Fig. 18. Dijon, abbey church of Saint-Bénigne.  
Left: Plan with indications of putlog holes  
Right: Triforium with indications of putlog holes

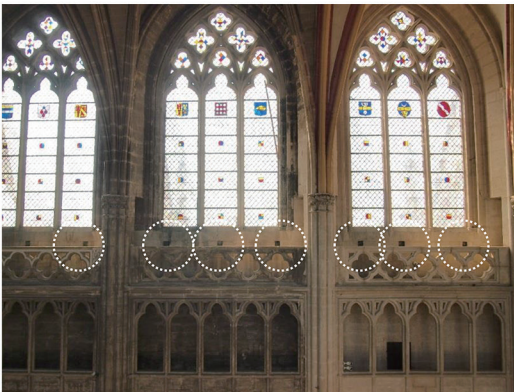


Fig. 19. Chalon-sur-Saône Cathedral. Nave, clerestory and triforium with indications of putlog holes



Fig. 20. Chalon-sur-Saône Cathedral. Choir, clerestory and triforium with indications of putlog holes

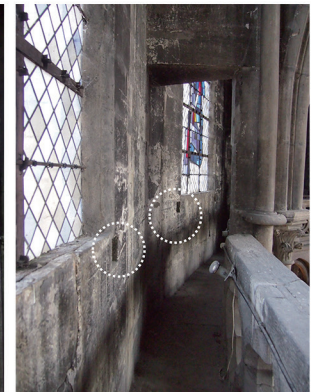


Fig. 21. Chalon-sur-Saône Cathedral. Choir, Interior view of clerestory passage with indications of putlog holes

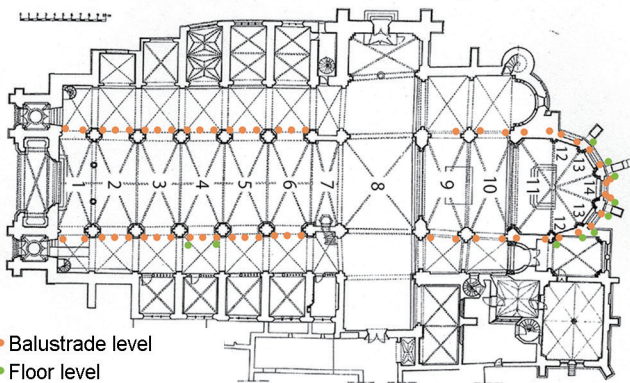


Fig. 22. Chalon-sur-Saône Cathedral. Plan with indications of putlog holes

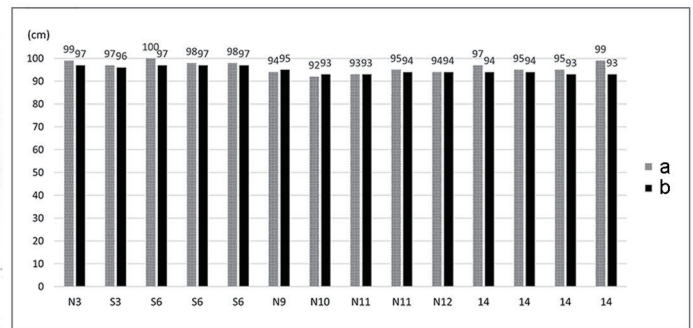


Fig. 23. Chalon-sur-Saône Cathedral, clerestory passage. The height of putlog holes from passage floor (a) and that of the balustrade (b)

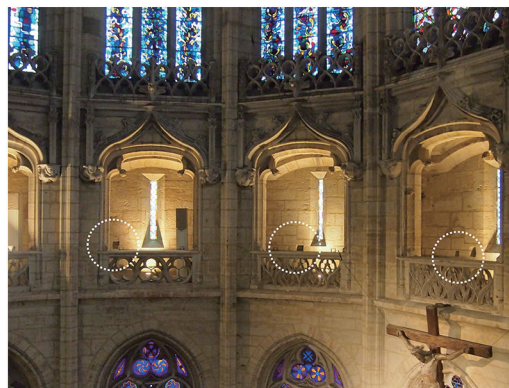
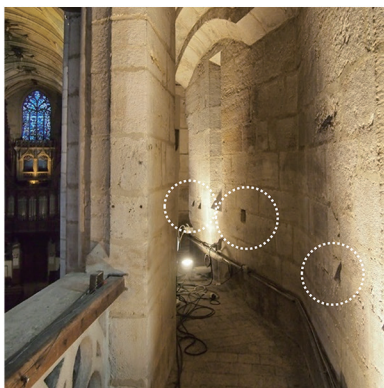


Fig. 24. Lyon, Saint-Nizier church.  
Left: Interior of the triforium of the choir with indications of putlog holes  
Right: Choir, triforium with indications of putlog holes



後者の手法の場合穴の高さは必然的に石積み一段分と同じ高さになり、サン＝ベニーニュでは 15 cm 程度である。こうして設けられた穴は建設と同時期に属すると考えてよい。

筆者が確認した事例では、立ち上がり部分や欄干の高さはしばしば横材用の穴の下端位置よりやや低く設定されていた。アミアン大聖堂の外陣では、穴は床から 86～88 cm の高さにある一方、立ち上がり部分の高さは 80～87 cm である。シャロン＝シュル＝ソーヌ大聖堂では、内陣、外陣とも、穴下端の高さが 93～97 cm なのに対し欄干の高さは 92～100 cm で、前者の値が小さければ対応する後者の値も小さいなどの対応関係がある。サン＝ルー＝デスランの穴下端の高さは 38～65 cm 程度で、立ち上がり部分はそれより 3～8 cm 低い。ディジョンのサン＝ベニーニュでは 15 cm 程度の開きがあった。こうした高さの違いが生じた理由について確証はないが、立ち上がり部分の上端に布や板などが設置されて石材が保護されたという可能性が考えられる。立ち上がり部分の上端にはかなり大きな負荷がかかるため、建設したばかりの石材を傷めないよう、何らかの緩衝材が間に置かれることは合理的な処置といえる。

横材用の穴の寸法に関しては網羅的な調査はしていないものの、ランス大聖堂の 9 箇所測定したところ 12 cm (幅) × 16 cm (高さ) 程度のものから 27 cm × 47 cm 程度とばらつきがあり、顕著な規則性は認められなかった。シャロン＝シュル＝ソーヌ大聖堂では外陣・内陣とも一貫して約 12 cm 四方の正方形、深さ 10 cm 程度であった。なお、参考文献 2 によるとロマネスク期の切石造の建築では 8～16 cm 四方の正方形に近い形状で比較的一定の寸法であることが多いが、ゴシック期の横材用の穴はより縦長の形状でばらつきが大きく、幅 30 cm 程度の大きなものも見受けられるという<sup>27)</sup>。穴の深さについては横幅と同程度の浅いものもあれば、壁を貫通するものもある<sup>28)</sup>。

多くの事例において、穴は原則としてベイにつき 2 箇所、場合によってはそれ以上であり、2 箇所であればベイ両端部に近い位置が選ばれているようである。足場の具体的な形状は記録がない以上推測の域を出ないが、前節でみた図面や写真のように、横材あるい

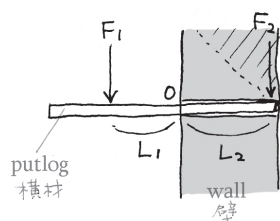


Fig. 25. Forces acting on a putlog fixed to a wall

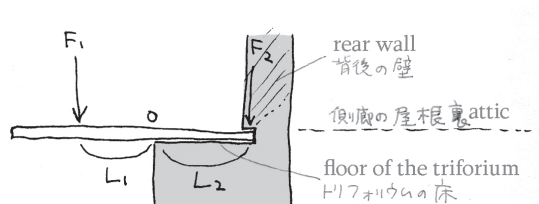


Fig. 26. Forces acting on a putlog fixed to the rear wall of a triforium and placed on the floor

は斜め材を水平につなぎ、その上に板材を渡したり、仮枠を支持させたりした可能性が考えられる。

N. ルヴェロンはリヨンのサン＝ニジェ教会堂内陣の横材用の穴に関して、2 本の横材によって支持された板材の上に梯子を設置し、上層部の窓の建設作業が行われた可能性を推測している。彼はそのように設置された梯子が使用に堪えるかどうかを検討するため、軽量なアルミニウム製梯子と重量のある木製梯子の両方を用いて実験を行い、木製であれば安定性が得られることを確認している<sup>29)</sup>。

ラン大聖堂やランス大聖堂、シャロン＝シュル＝ソーヌ大聖堂では、外陣全体や建物全体など比較的広範囲にわたってシステムティックな横材用の穴が確認された。一方で、ソワッソン大聖堂やアミアン大聖堂のように数ベイにしか穴が見られない事例やディジョンのサン＝ベニーニュ大聖堂のように南北で穴の位置などに差異がある事例もある。建設工事の進捗とともに穴の位置や足場の設置法に変化が生じた可能性や<sup>30)</sup>、部分的な修繕のため後から穴が穿たれた可能性が考えられる。

## 5. 安定性の検討

トリフォリウム等の背後の壁の穴に差し込まれた横材は、足場の部材として必要な安定性が確保されるのだろうか。つまり、横材に水平の板材をかけ渡し、その上に作業員や少量の建設資材を積載したとしても、荷重によって横材が回転したりすることはないのだろうか。最後にその安全性を確認したい。

### (1) ル・バリエが提示した横材の安定性の検討法

まず、トリフォリウム等のないプレーンな壁体差し込まれた横材に働く力について、C・ル・バリエが示した計算法を確認したい。彼は一定の厚みをもつ壁体差し込まれた横材 (Fig. 25) に働く力のモーメントの計算法を提示している<sup>31)</sup>。

支点 O を中心とする一様で剛な棒に働く力  $F_1$  と  $F_2$  の釣り合いを考える (なお、ここでは実際の足場架構で横材を支えている垂直材や、板材によって他の横材へと分散される荷重などは捨象されている)。

$F_1$  には、横材の自重、上に渡された板材の荷重、作業員の荷重 (静止時に比べて、移動時や跳躍時に横材に及ぼされる荷重は大きくなる)、足場上に置かれた石材やモルタル等の建設資材の荷重などが含まれる。モーメント  $F_1 \times L_1$  は各荷重 ( $f_n$ ) とその O からの距離 ( $l_n$ )

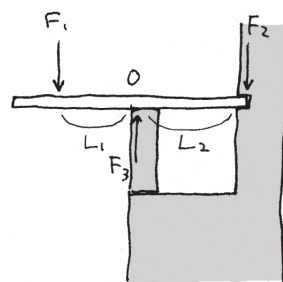


Fig. 27. Forces acting on a putlog when placed on the balustrade

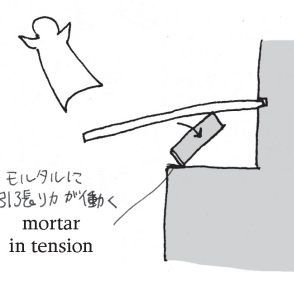


Fig. 28. Illustration showing possible collapse of scaffolding

の積の総和 ( $= \sum f_n l_n$ ) である。

一方  $F_2$  の  $O$  からの距離  $L_2$  は、 $O$  からトンネル状の穴に差し込まれた横材の端部までの長さである。 $F_1$  によって横材はわずかに傾き、横材の端部が穴の内壁上面に接触することで  $F_2$  が横材に及ぼされる。 $O$  は十分強固であると仮定されているので、 $F_2$  の値は、 $F_1 \times L_1$  に対応して大きくなる。その最大値  $F_{2\text{Max}}$  は上に積まれている組積の重量によって変動する。ル・パリエによれば、計算上、接触面を頂点とする逆四角錐に含まれる部分の組積が穴の上に荷重を及ぼすのに有効とされる (Fig. 25 の斜線部分)。例えば密度  $2.5\text{t/m}^3$  の組積が  $50\text{ cm}$  の高さに渡って穴の上に積まれている場合の  $F_{2\text{Max}}$  は約  $0.75\text{t}$  である<sup>注32)</sup>。 $F_1 \times L_1$  が  $460\text{kgm}$  程度<sup>注33)</sup> の場合、 $L_2$  が  $1\text{ m}$  程度確保されていれば、つまり  $1\text{ m}$  の厚みの壁を貫くように穴が開けられていれば、 $F_1 \times L_1 < F_{2\text{Max}} \times L_2$  となるので、安定は保たれる計算になる。以上がル・パリエの示した計算法である。

## (2) トリフォリウムに固定された横材の安定性の検討

続いてこの計算法を応用し、トリフォリウムに固定された横材に働くモーメントの計算を試みる。

(1) で想定したものと同等程度の荷重を、トリフォリウムの背後の壁の穴に固定された横材で支えることを考える (Fig. 26)。 $O$  はトリフォリウムの床の縁に相当するため、 $L_2$  はトリフォリウムの通路の幅 (小円柱を無視した通路の幅) におおよそ一致する。背後の壁は  $40\text{ cm}$  程度の厚みしかないため、上で検討したのと同程度の  $F_1 \times L_1$  に耐えるためには、壁をより高く積んでおく必要がある。 $L_2$  を  $80\text{ cm}$  とすると、背後の壁に約  $1\text{ m}$  の高さがあれば先の Fig. 25 のものと同等程度の  $F_{2\text{Max}} \times L_2$  が得られる計算になる<sup>注34)</sup>。背後の壁は側廊 (ないしトリビューン) のヴォールト側から施工できるので、 $1\text{ m}$  程度の高さなら足場や踏み台に頼らなくても十分積み上げることができたであろう。

横材が欄干の上に支持されている場合も基本的にそれに準じて考えることができる (Fig. 27)。ただし、ここでは支点  $O$  は必ずしも十分に強固とはいえない。 $O$  すなわち欄干の上面の  $F_1$  寄りの点には、 $F_1$  と  $F_2$  を合計した荷重  $F_3$  が働き、欄干全体を回転させようとする。すると欄干とトリフォリウムの床の間のモルタルには引張力が働く。モルタルの引張強度は著しく低いので、大きな荷重がかかると欄干が倒れ、足場が崩れる危険性が高まる (Fig. 28)。したがって、このような足場では、 $F_1$  や  $L_1$  が小さい作業のみを行うか、横材を身廊側で適宜垂直材等によって支えることも必要であろう。

## 6. おわりに

本論文では、建設や修復工事の際に不可欠となる足場の設置法について、これまで充分整理されてこなかったトリフォリウム等の壁内通路との関係に焦点を当てた。既往研究ではリヨンのサン＝ニジェとサン＝ルー＝デスランの2件の事例のほか、仮説的な復元図のみが示されてきたが、近代の修復工事における図面や写真と、遺構の中に認められる横材用の穴の存在を指摘することにより、トリフォリウム等に足場を固定していた可能性をより実証的に検討することができた。本来であれば各事例についてより詳細な検討を加えるべきところではあるが、本論文ではできるだけ多くの事例を集めることを優先し、表として列挙するにとどめた。今後、それぞれ

の事例の他の部位に確認される横材用の穴との関係や、各修復工事の詳細についても確認したうえで、壁内通路や柱等の建築要素が足場とどのような関係にあるかについてより詳細な検討を加えたい。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP14J10678、20K14937、22J40044 の助成を受けたものです。

## 注

注1) 再建を担う「パリのノートル＝ダム大聖堂保存修復担当公団」公式 Facebook ページ、2023 年 7 月 19 日投稿 (2023 年 8 月 7 日閲覧)。  
<https://www.facebook.com/rebatirnotredamedeparis/posts/pfbid0213ARRpiuD85Ur96QC1DvPk6kio2DpZ2a9jmUXJiyqrsKaZB2Y5522Hb37cUHy8R6l>

注2) 現場の状況に言及する文書記録が残っていても、足場に直接言及するものは多くない。工事の進捗や建材調達などに関する記録から足場の形状や種類等を推測する試みがされている。例えばギゾーのサン＝ジェルヴェ＝サン＝プロテ教会堂に関する 15 世紀末から 16 世紀前半の記録を参照。参考文献 1, p. 239-245。

注3) 参考文献 2 は 20 年以上前の成果ではあるが、足場に関する総合的な知見を提供している。中世の建設現場を描いた図像は、G. ビンディング (参考文献 3) が集成している。

注4) 参考文献 2, p. 26-27。

注5) 参考文献 4, vol. 5, « Échafaud », p. 108.; 参考文献 5, p. 40。

注6) 参考文献 6, p. 21. 儀式が中断されることを避けるため、近隣の他の教会堂を使ったり、古い建物を完全には壊さず使い続けながら新しい部分を建設したりすることが行われた。古い建物を大きく囲むように新しい建物の建設を進めることも一般的であった。

注7) リヨン大聖堂のように、建物によっては石などで後から埋められていることもある。

注8) 参考文献 7; 参考文献 8, p. 80ff; 参考文献 9, p. 330ff。

注9) 参考文献 8, p. 335-337; 参考文献 9, p. 330, 333。

注10) たとえば参考文献 6, fig. 68; 参考文献 10, p. 27。

注11) 参考文献 2, p. 125ff。

注12) 参考文献 6, p. 20; 参考文献 8, p. 85, 106。

注13) 参考文献 2, p. 22, 110. ラ・シェーズ＝デューのサン＝ロベール修道院で足場が崩落し工匠と 20 人の職人が負傷した事故や、パレ・ル・モニアルで 1 人の修道士が死亡した事故が言及されている。

注14) 筆者が調査したところでは、トリフォリウムの通行可能な部分の幅は、ノワイヨン大聖堂 (1185 年頃) で  $45\text{ cm}$ 、ランス大聖堂 (1211 年着工) で  $54\text{ cm}$ 、アミアン大聖堂の外陣 (1220 年着工) で  $120\text{ cm}$ 、ディジョンのノートル＝ダム教会堂 (1230 年頃着工) で  $76\text{ cm}$ 、サン＝ドニ修道院教会堂 (1231 年から改築) で  $50\text{ cm}$ 、サン＝カンタン参事会教会堂南袖廊 (15 世紀) で  $49\text{ cm}$  であった。

注15) 床にはモルタルが敷かれ、アーチの削り型などを作図した痕跡が残されている。参考文献 11, p. 429。

注16) 今日では梁の上に一直線に板を渡して通行場所としている場合がある。2016 年のアミアン大聖堂調査時にはそのようにされていた。

注17) 参考文献 6, p. 24. 木製の仮設階段に対する石造螺旋階段の利点については参考文献 2, p. 22 を参照。

注18) 筆者は 2012 年にアミアン大聖堂の袖廊のトリフォリウムに足場のようものが固定されているのを確認した。

注19) 横材用の穴には、横材だけでなく斜材も固定することがあった。参考文献 2, p. 89. また、横材を使うことなく通路の床に短い垂直材を支持させる可能性も指摘されている。参考文献 8, p. 86。

注20) Vincent, Léon (ACMH), 1914, MPP cote 0082/044/1007, no. 041278。

注21) そのような穴はリヨン大聖堂等に知られているが、少ない。参考文献 12, p. 84-86. なお、ブロックの中央にある穴は壁が建設された後に作られたとみなされる。参考文献 12, p. 80, n. 4。

注22) 教会堂の通常東側に位置する聖域としての内陣に対し、西側で一般信徒が参列する場にあたる日本語として、身廊という言葉も用いられることがあるが、本論文では外陣と呼称する。「身廊」はバシリカ式教会堂の側廊にはさまれた中央の廊を示す語として用いる。



注 23) ランス大聖堂では、腰壁の上の通路にも同様の穴が観察される。ただし、これは側廊の窓の下にしかないため、窓の建設と関係していた可能性が考えられる。

注 24) 参考文献 13, p. 93.

注 25) Y. ガレによればシャロン＝シュル＝ソーヌの内陣のヴォールトは十分な控えを欠いており、着工当初の計画にはなかった。R. プランナーは 14 世紀の外陣の工事の際に内陣のヴォールトが改変された可能性に言及している。内陣の横材用の穴は、ヴォールト改変のための足場や型枠の設置に役立てるために設けられたのかもしれない。参考文献 14, p. 97 ; 参考文献 15, p. 125, n. 2.

注 26) 参考文献 2, p. 47.

注 27) 参考文献 2, p. 49-50.

注 28) 参考文献 2, p. 59-60.

注 29) 参考文献 8, p. 337-338.

注 30) 例えばリヨン大聖堂の内陣と袖廊に関して、ロマネスク期とゴシック期の足場の違いが指摘されている。参考文献 8, p. 79-89.

注 31) 参考文献 16.

注 32) 厳密には、横材と穴の内壁が接触する部分にどの程度の大きさの石があるかによって、値は変動する。ル・パリエはここでは 20cm 四方の板石が設置されていると仮定している。

注 33) ル・パリエは、 $l = 0.5\text{m}$  に位置する静止した人 80kg、石材 500kg、その他木材やモルタル 100kg に加え、 $l = 0.4\text{m}$  の位置で跳躍する人の及ぼす荷重 300kg を想定している。

注 34) 穴の上に荷重を及ぼすことのできる組積は、高さ 40cm の四角錐の部分と、厚み 40cm の台形柱部分に分けて考えられる。そのおよその合計体積は  $0.4 \times 0.8 \times 0.4/3 + (0.8 + 2.0)/2 \times 0.4 \approx 0.38 \text{ m}^3$  である。すると  $F_{2\text{Max}} \times L_2 = 0.38 \times 2.5 \times 0.8 = 0.76\text{tm}$  となり、図 25 での値とほぼ同等になる。実際には横材と穴の接触面にある程度の面積があるので、値はこれよりやや大きくなると予想される。

#### 参考文献

1. Hamon, 2008 - Hamon Étienne, *Un chantier flamboyant et son rayonnement: Gisors et les églises du Vexin français*, Presses Univ. Franche-Comté, 2008.
2. Tardieu et al., 1996 - Tardieu Joëlle, Reveyron Nicolas, Baud Anne, Bernardi Philippe, Hartmann-Virnich Andreas, Husson Eric, Le Barrier Christian et Parron Isabelle (eds.), *L'échafaudage dans le chantier médiéval*, Lyon, Service régional de l'archéologie diff. Association lyonnaise pour la promotion de l'archéologie en Rhône-Alpes (coll. « Documents d'archéologie en Rhône-Alpes »), 1996.
3. Binding, 2004 - Binding Günther, *Medieval building techniques*, Stroud, Tempus, 2004.
4. Viollet-le-Duc, 1854 - Viollet-le-Duc Eugène Emmanuel, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, Paris, B. Bance, 9 vol., 1854-1868.
5. Kimpel et Suckale, 1990 - Kimpel Dieter et Suckale Robert, *L'Architecture gothique en France: 1130-1270*, traduit par Françoise Neu, Paris,

Flammarion, 1990.

6. Fitchen, 1961 - Fitchen John, *The construction of Gothic cathedrals: a study of medieval vault erection*, Chicago, University of Chicago Press, 1961.
7. Baud, 2017 - Baud, Anne et Tardieu, Joëlle (dir.). « L'abbatiale Sainte-Marie d'Aulps, un chantier entre traditions et innovations ». In *Sainte-Marie-d'Aulps. Une abbaye cistercienne en pays savoyard*, DARA. Lyon: Alpara, 2017. p. 59-84.
8. Reveyron, 2005 - Reveyron Nicolas, *Chantiers lyonnais du Moyen Âge (Saint-Jean, Saint-Nizier, Saint-Paul)*, Lyon, Service régional de l'archéologie diff. Association lyonnaise pour la promotion de l'archéologie en Rhône-Alpes (coll. « Documents d'archéologie en Rhône-Alpes »), 2005.
9. Hanquiez, 2008 - Hanquiez Delphine, *L'église prieurale de Saint-Leu-d'Esserent (Oise): analyse architecturale et archéologique*, thèse doc., sous la direction de Christian Heck, Lille 3, 2008.
10. Recht, 1996 - Recht Roland, « Sur quelques aspects de la construction médiévale », *Dossiers d'archéologie*, vol. 219, 1996, p. 16-31.
11. Épaud, 2007 - Épaud Frédéric, *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie: évolution des techniques et des structures de charpenterie aux XIIIe-XIIIe siècles*, Caen, Publications du CRAHM, 2007.
12. Reveyron, 1994 - Reveyron Nicolas, « Typologie, structure et implantation du trou de boulin dans son rapport à l'échafaudage médiéval », *Archéologie du Midi médiéval*, 1994, vol. 12, n° 1, p. 7998.
13. Violot, 1940 - Violot R., « À propos des réparations exécutées à la cathédrale Saint-Vincent de Chalon au XIXe siècle », *Mémoires de la Société d'histoire et d'archéologie de Chalon-sur-Saône*, 1940, vol. 29, p. 185-186.
14. Gallet, 2010 - Gallet Yves, « Chalon-sur-Saône. Cathédrale Saint-Vincent, les campagnes de construction gothiques (XIIIe-XVe siècle) », *Congrès archéologique de France*, 2010, vol. 166, p. 95119.
15. Branner, 1960 - Branner Robert, *Burgundian Gothic Architecture*, London, A. Zwemmer, 1960.
16. Le Barrier, 1996 - Le Barrier Christian, « Charge maximum supportée par le platelage d'échafaudages encastrés », in Tardieu et al., 1996, p. 56.

#### 図版出典

Fig. 1, 2, 12 平面図, 13 平面図, 25-28: 筆者作成

Fig. 3-11: Table 1 の Reference の項目を参照

Fig. 16 平面図: MPP cote 0082/051/1026, no. 105423 (筆者加筆)

Fig. 18 平面図: Malone Carolyn Marino, « Les fouilles de Saint-Bénigne de Dijon (1976-1978) et le problème de l'église de l'an mil », *Bulletin monumental*, 1980, p. 253-92, fig. 13 (筆者加筆)

Fig. 22: Stratford Neil, « Chalon-sur-Saône. Cathédrale Saint-Vincent, les campagnes de construction romanes (XIIe siècle) », *Congrès archéologique de France*, vol. 166, 2010, p. 75-93, fig. 1 (筆者加筆)

特記のない写真は筆者撮影

# WOODEN SCAFFOLDINGS FIXED TO THE WALL PASSAGES IN THE GOTHIC CHURCHES

Study based to the visual records of the modern restoration works and the putlog holes attested in masonry

*Aya SHIMAZAKI*<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> JSPS Research Fellow / Faculty of Design, Kyushu University., Dr.Eng.

This paper focuses on the installation method of wooden scaffoldings in Gothic church buildings in relation to wall passages such as “triforium”. Wooden scaffolds are known to have been installed by inserting horizontal timbers (putlogs) into the holes created on the upper walls of buildings. They were moved as construction progressed.

In previous studies of the Saint-Nizier church in Lyon and the Saint-Leu-d’Esserent abbey church, it is pointed out that the putlogs of a scaffolding may be fixed in the triforium by means of putlog holes located in the same height with the balustrade. However, other similar cases have not been identified.

In order to fill this lack, this paper investigates: 1. drawings and photographs created for the modern restoration works (of 19th and 20th centuries) and 2. putlog holes found in the vestiges.

1. By examining the former material, it was found that three examples (Table 1, cases 11, 17 and 18) where scaffolding was placed only on either the north or south wall, and that there are 13 examples (Cases 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, and 16) where scaffolding was placed to span between the north and south walls. The latter cases mainly show the restoration of the vaults and clerestories. Such works require a relatively wide platform, and it is evident that the north and south triforiums were connected to each other with horizontal timbers, or that diagonal timbers were supported on the respective north and south triforiums and the platform was placed on top of them.

2. The putlog holes that remain in the rear wall of the wall passages suggest that they were used for scaffolding support. Within 33 buildings in France I surveyed, 10 buildings had putlog holes in the rear wall on the floor level or on the same level as the parapet wall or the balustrade of the triforium arcade (Table 2).

In the lowest part of the rear wall, near the floor of the passageway, putlog holes were identified in four cases. In Laon Cathedral, more than half of the holes are located in the corner of the stone, which suggests those holes were cut at the same time with construction. In Reims Cathedral, on the other hand, several holes appear to be in the middle of vertical joints. These holes were most likely cut after the construction.

Putlog holes at approximately the same level as the parapet wall or the balustrade were found in 7 cases. The shape and the location of the holes of Beauvais Cathedral and of the choir of Chalon suggests that they were made after the construction. In the nave of Saint-Bénigne in Dijon, the holes are not provided by cutting the stone, but by leaving voids when the wall is raised. They can be considered to belong to the same period of construction.

The final part of this paper discusses the stability of the putlogs fixed to the holes in the wall passages.

The cases studied in this paper are interesting because they provide the evidence of the strategic use of the building’s structure for scaffolding installations. The future studies would deepen the investigation of each case by studying the other holes of the building and the details of each restoration project.

(2023 年 9 月 9 日原稿受理, 2023 年 11 月 22 日採用決定)