

鉄構技術

6

2021 June
VOL.34 No.397

THE STEEL STRUCTURAL TECHNOLOGY
第34巻通巻397号
1988年12月20日 第三種郵便物認可
2021年(令和3年)5月28日発行(毎月28日発行)



特集
建築BIMの連携と課題



図1 「Gallery U/a」外観（撮影：繁田 諭）

鉄のデザイン 連載 第10回

世界でいちばん美しいガレージをつくる

—歴史から学ぶ構造デザイナー—

【意匠設計者の立場から】

(岡田哲史建築設計事務所)

Gallery U/aは、2013年に竣工したVilla U/aのアネックスとして建設された（図1～3）。クライアントが趣味で所有する美しい自動車の数々を見て愉しみ、触って楽しむことを目的とする建物である。敷地は太平洋を見渡すことのできる山頂にあり、Villa U/aからは徒歩で数分の平坦な場所にある。

クライアントからこの設計の依頼を受けた時、最初に考えたのは「建物にその存在を主張させない」ということであった。建物を地上から消す場合、オプションとしては地中に埋めてしまうことも考えられる。しかし、建築本体工事につきまとう土木工事が周囲の自然にダメージを与えることまで含めるとコストは大きすぎる。結局のところ建物は地上につく

岡田 哲史（岡田哲史建築設計事務所）
北條 稔郎／橋本 宗明／多田 卓二（北條建築構造研究所）
高橋 和志（高橋工業）

るという方針で進めるにしたが、その際に想い浮かべたイメージは「彩り豊かな自動車が竹林の合間に映える風景」であった。

このイメージを実現させるために、できるかぎり透明な建築をつくりたいと考え

えた。主人公であるVilla U/aのわきに控えるGallery U/aはその存在を主張すべきではないし、そもそもGallery U/aの主役は、その中に収容される自動車であることを思えば至極当然のこと。いざれにガレージせよ、世界で一番美しい自動車の収蔵庫



図2 Villa U/a（撮影：繁田 諭）

をつくりたいと思った。

建物は単純なガラスの箱とした。具体的には一辺13.5mの矩形平面で、高さは3.5mのシンプルな箱である。建築デザインの核心は、このガラスの箱にいかに軽やかな表情をもたせるかにあった。構造しか見えない建物となれば、構造デザインの妙が建築デザインのクオリティを決める。柱はできればなくしたい。屋根もできるだけ薄くしたい。

無柱空間を実現させるには、屋根版の剛性を担保つつ、いかに薄みを追求するかが鍵を握る。そこで脳裏をよぎったのがカルロ・ロードリ（図4）の懸垂曲線であった。建築家としての活動を本格的に始める前、10年間ほど歴史学の分野で研究活動を行っていたが、その当時、ジョヴァンニ・バッティスタ・ピラネージの研究に明け暮れていたころの記憶である。ロードリ神父は18世紀初頭、ベネチアのサン・フランチェスコ・デッラ・ヴィエニヤ聖堂に付属する巡礼者宿泊施設の小窓の窓台に懸垂曲線を描かせた（図5）。この神父は、今日の私たちが当たり前のように口にしている「機能合理主義」の思想を、歴史上初めて建築の構造や材料について実践的に応用して見せたが、その理論の本質を今回の建物の屋根構造のシステムに応用できると踏んだのである。屋根のペリメータ部でコニスの高さを絞ることができたのも、その歴史からの学びによるところが大きい。

屋根版を支持する鉛直方向の構造体は、19世紀のパリで活躍した理論家ヴィオレ・ル・デュクがマルシェ（=市場）の構造デザインで披露したV字形の支持柱に対するオマージュである（図6,7）。この構造部材についても、デザインの方向性としてできるだけ贅肉を削ぎ落したいと主張したところ、断面形は肉厚のLアングルを閉じた二等辺三角形が漸次的にその形状と断面積を変えるものとなった（ちなみに電線用のCD管はその空隙に内包してある）。

私は建築デザインを専門としているが、留学時代に師事したケネス・フランプトンが「テクトニック」をテーマに研究を展開していたこと、さらにその後の歴史学研究の中で吸収した18世紀の機能合理主義思想の影響もあって構造デザインに対する

関心はことのほか大きい。歴史をそのまま引用するのは稚拙に過ぎるが、歴史

から学ぶものとの本質を現代に活かすことは愉しみでもあり、醍醐味でもある。

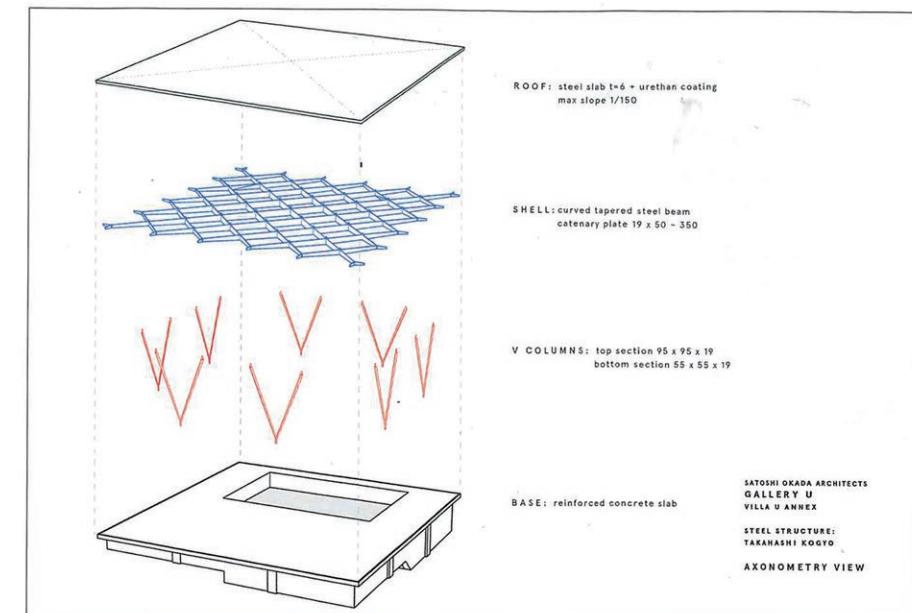


図3 Gallery U/a 構成図



図4 カルロ・ロードリ

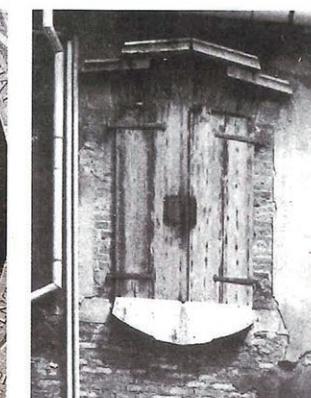


図5 ロードリの窓（カルロ・ロードリ、ヴェネツィア、18世紀初頭）



図6 ヴィオレ・ル・デュク



図7 マルシェの計画案（ヴィオレ・ル・デュク、パリ、1865年）

【構造設計者の立場から】

(北條建築構造研究所)

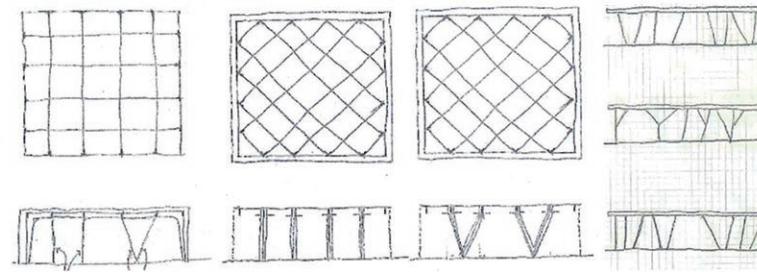
1. 敷地と建築

敷地は、相模湾を一望できる山の頂にあり、竹林が形成される環境にある。建物は四周を透明なガラス壁が囲う構成からなり、プランは13.5m四方の正方形、建物の高さは3.5mである。

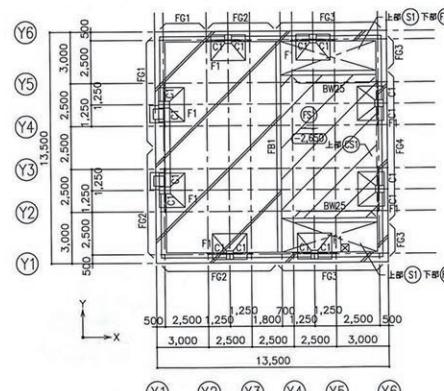
岡田氏との最初の設計ミーティングで拝見したCGは、透き通った建築の中に美しいスーパーカーが周囲の自然に溶け込んで佇む風景であった。建築の構造は露出し、屋外のどこから見てもその全容を愉しむことができる。それを前提に「世界一美しいガレージをつくりましょう」という号令の下、構造技術者として胸をときめかせたことはいうまでもない。設計初期の段階でいくつもの提案を行ったが、構造計画としての最重要課題は、十分な安全性を確保しつつ、いかに軽やかな屋根を鉄板で構成するかであった。

2. 構造計画の推移

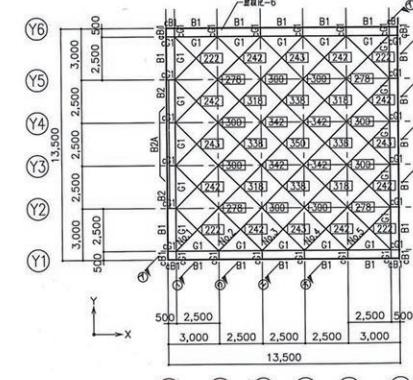
屋根は軽量化を図るため鉄板屋根とする。鉄板屋根は交差梁で大スパンに対応する。周辺の支持柱は垂直にする案、周辺の竹林に合わせてランダムな角度を持たせる案、プレースや方材で補強する案など、考えられる形式をすべて提案した(B-図1)。



B-図1 架構形式の案



B-図3 基礎伏図



B-図4 屋根伏図

3. 採用に至った構造計画

①斜東：一面あたり2組のV字形の斜東を配置する。斜東は柱としての鉛直支持能力及びプレースとしての水平力抵抗能力を併せ持つおり、上部梁と三角形を形成し、長期ならびに耐震・耐風要素として有効な構造要素である。斜東の断面は後述する屋根格子梁を菱目梁とすることを見込み、アングル形状とする。

②屋根：屋根は鉄板でつくり、無柱空間を実現するためフラットバーによる菱目梁とする。菱目梁は格子梁の一種であり、平面でX-Y軸に45度に配置するものである。菱目梁はスパンの小さい隅部の梁にスパンの大きい梁が直行方向に固定として支持されるため、梁の曲げモーメントの軽減が可能となる。菱目梁は鉛直部材である斜東のアングルフランジと同一面を構成し、屋根とこれを支える鉛直部材の連続性が確保されている。

③基礎構造：ローム層（一部盛土）を支持層とする地盤に対して直接独立基礎とする。当該地は静岡県が定める崖地条例の適用範囲であるため斜面の安定性を確認した。東側斜面に対して崖の起点であるGL-50mから、盛土に対して30度、安山岩に対して40度の斜面安定角を採用し、安全性を確認した。

B-図2に斜面安定性の検討図を示す。

B-図3に基礎伏図、B-図4に屋根伏図、B-図5に軸組図を示す。

4. 架構解析及び断面設計

架構解析結果の概要を以下に示す。

B-図7に屋根の菱目梁の曲げモーメント図を示す。菱目梁固有の平面効果の高い応力状況示している。菱目梁は厚さ19mmのフラットバーを採用し、高さを中央で350mm、端部で150mmの懸垂曲線とし、曲げモーメントを形状によって表現している（B-図6）。

B-図8に軸力図を示す。斜東は菱目梁と同様に厚さ19mmのフラットバーをアングルに組み立て、座屈耐力向上及び空間デザインの配慮より、9mmのプレートを追加して2等辺三角形としている。アングルの1辺は柱脚で55mm、柱頭で95mmとして菱目梁との力の移行を表現している（B-図9）。斜東は軸力が支配的で（B-図8）その検定比は0.25であり、4倍の安全率を有している。斜東は柱と

プレースの両方の役割を果たしている。このため、地震時の屋根の水平変位は、4.7mmと極めて小さい値となり、水平変位によるガラスの安全性に対して有効である。B-図10に斜東-外周梁-菱目梁接合部を示す。

B-図11に斜東脚部詳細図を示す。1階床コンクリート面において2本の斜東は1つのアングルに集約される。

菱目梁交叉部詳細図は、図-12に示すように直径60mmの東柱を介して4本の菱目梁を接合する。B-図13に東柱-屋根接合部を示す。屋根は6mmの鉄板であり、東柱を菱目梁より67～100mm突き出している。これは菱目梁から屋根を浮かすデザインならびに通気性の確保のほかに屋根鉄板の溶接ひずみを抑える方法として、高橋工業より提案された。また、東柱下端は菱目梁下端より60mm上げ、菱目梁の見上げがプレートの交叉となるようデザインされている。



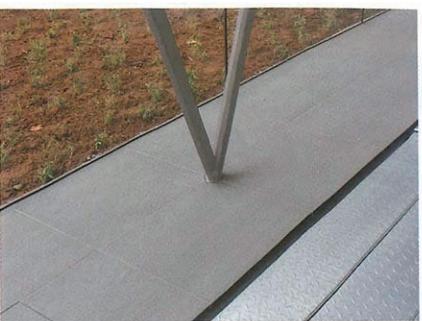
B-写真1 菱目梁



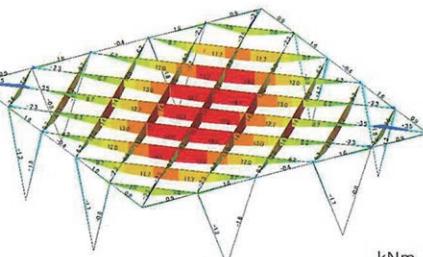
B-写真2 斜東頭部



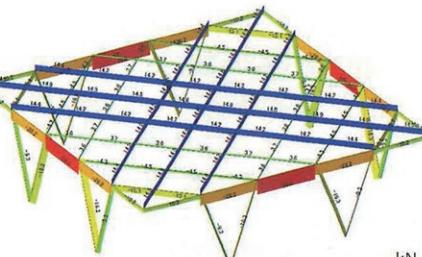
B-写真3 斜東と菱目梁



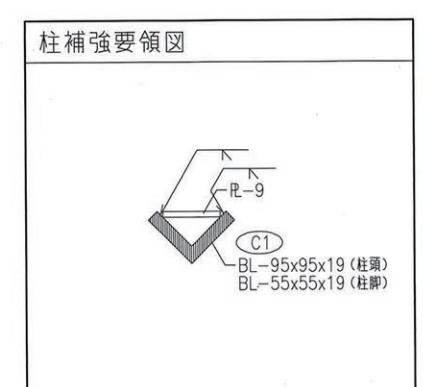
B-写真4 斜東脚部



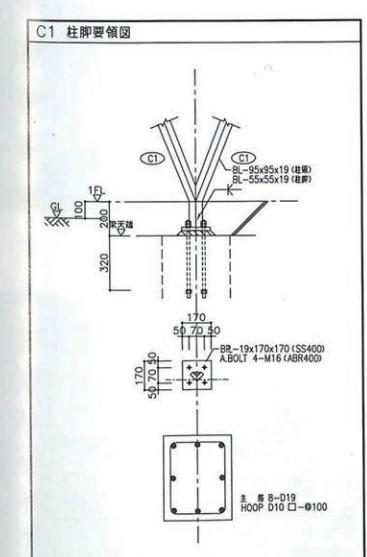
B-図7 曲げモーメント



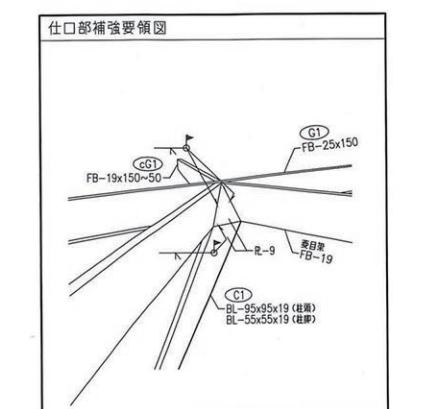
B-図8 軸力図



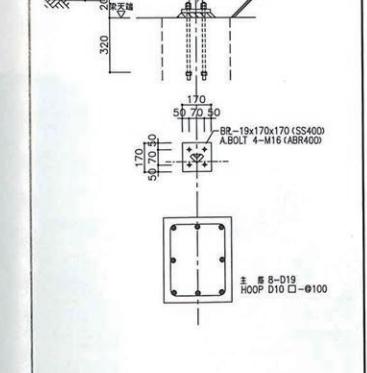
柱補強要領図



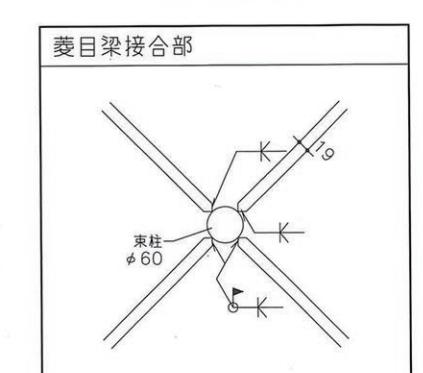
C1 柱脚要領図



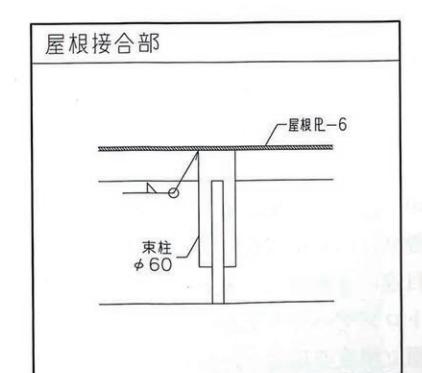
B-図10 斜東-外周梁-菱目梁接合部



B-図11 斜東脚部詳細図



B-図12 菱目梁交叉部詳細図



B-図13 東柱-屋根接合部

ある任意の曲面を必要とする鋼板表面に、一定の温度をガスバーナーなどで加熱することにより局部的な熱膨張を発生させる。その周辺では圧縮応力が作用して板厚方向に膨らみが生じる。この加熱部分を水で冷却すると鉄の収縮特性により表面体積が減少して周辺が引張応力を受けることにより、鋼板厚の中性軸に対して曲げモーメントが働き塑性角変形が生じる。この原理により加熱線（加熱方法）を連続的に移動させ、塑性角変形を集合させることにより複雑な曲面形状を成形する（C-図4,C-図5）。

二次曲面は可展開曲面なので機械等の加圧力による塑性変形加工が可能となるが、三次曲面では非展開曲面となるので造船撓鉄法等による成形が不可欠となる。三次曲面では幾何学的な完全展開は困難であることから、アナログ的な展開手法により展伸と収縮を考慮した近似展開手法（造船現図法）が実用的である。

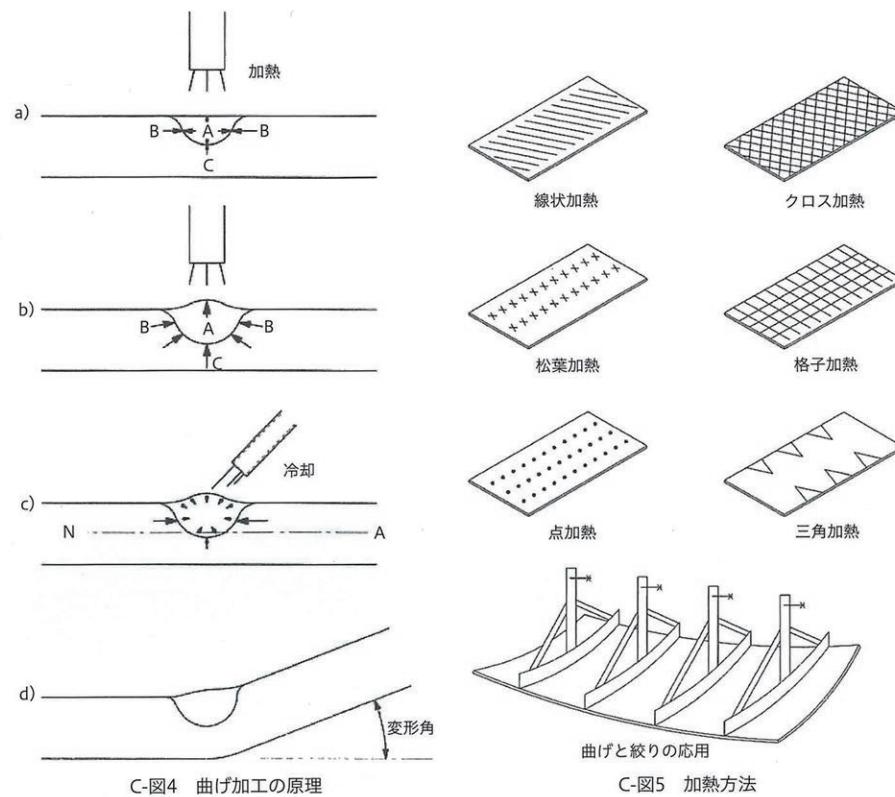


写真 Gallery U/a 内観（V字柱と梁の取り合い）



写真 Gallery U/a 正面（撮影：繁田 諭）



写真 Gallery U/a 側面を見る（撮影：繁田 諭）



写真 Gallery U/a 内観（撮影：繁田 諭）

<建物概要>
建物名 Gallery U/a
所在地 静岡県
主要用途 ギャラリー・収蔵庫
建築主 *公表不可

規模
階数 地下ピット、地上1階
最高高 約3.50m
軒高 約3.40m
敷地面積 約1300.21m²
建築面積 約182.25m²
延床面積 約182.25m²
鉄骨 約17t
・屋根PL-6 : 8,583kg
・格子梁PL-19 : 8,055kg
・束柱ROD φ60 : 332kg

構造
主体構造 地下：鉄筋コンクリート造
地上：鉄骨造
杭・基礎 布基礎・一部ベタ基礎

設計・監理
建築 株式会社岡田哲史建築設計事務所
担当／岡田 哲史、岡田 理佐、
Lucia Rocchelli

構造 株式会社北條建築構造研究所
担当／北條 稔郎、橋本 宗明、
多田 卓二

設計ソフト
(構造) MIDAS iGEN (MIDAS IT JAPAN)

施工
建築 大同工業株式会社
担当／丹野 高志
鉄骨 株式会社高橋工業

監理 株式会社岡田哲史建築設計事務所
担当／岡田 哲史、岡田 理佐
監理協力 岩瀬 英志

工程
設計期間 2016年11月～2017年12月
施工期間 2018年4月～2019年2月



岡田 哲史
SATOSHI OKADA

1962年生まれ 兵庫県出身 1989年コロンビア大学大学院修了 1993年早稲田大学博士課程修了・博士（工学）1995年岡田哲史建築設計事務所設立 現在、イタリア建築家協会名誉会員、ヴェネツィア建築大学客員教授



北條 稔郎
TOSHIO HOJO

1946年生まれ 大阪府出身 1971年神戸大学大学院工学研究科建築専攻修士課程修了 竹中工務店を経て、1989年北條建築構造研究所設立 現在、会長 一級建築士構造設計一級建築士 技術士（建設部門）博士（工学）



橋本 宗明
MUNEAKI HASHIMOTO

1972年生まれ 大阪府出身 1996年神戸大学工学部建設学科卒 1997年北條建築構造研究所入社 2012年代表取締役所長 一級建築士構造設計一級建築士 構造計算適合性判定資格者



多田 卓二
TAKUJI TADA

1979年生まれ 徳島県出身 2002年神戸大学工学部建設学科卒 現在、北條建築構造研究所主管



高橋 和志
KAZUSHI TAKAHASHI

1957年生まれ 宮城県出身 1983年長崎造船大学学院修士課程修了 同年、高橋造船工所入社 1986年高橋工業設立 一級建築施工管理技士 鉄骨製作管理技術者一級