

膜構造を利用したアダプティブリユース建築の研究

—耐震補強を用いない既存建築の持続的更新手法の提案—

はじめに

Foreword

本研究は、日本における既存建築ストックの更新が直面している構造的・制度的課題を背景に、膜構造を用いたアダプティブリユース建築の新たな更新手法を提案し、その有効性を理論的整理および設計実践を通じて検証するものである。現代社会は、地球規模での環境問題、資源制約、人口減少や社会構造の変化といった複合的課題に直面しており、建築分野においては、そのライフサイクル全体を通じた環境負荷の低減が強く求められている。とりわけ、建設時点で排出されるエンボディドカーボンの削減は、運用段階の省エネルギーと並ぶ重要な課題として位置づけられている。

日本における建築の更新は、老朽化した建築物を解体し新築する「スクラップアンドビルド」を前提とした手法が長らく主流であった。しかしこの方法は、解体による廃棄物の発生や新築に伴う資材製造・施工による環境負荷の増大を不可避に伴う。一方で、少子高齢化と人口減少が進行する現代においては、新築需要の縮小と既存建築ストックの蓄積が同時に進行しており、既存建築を前提とした更新戦略の構築が環境的・社会的合理性の両面から不可避となっている。

研究目的

Research Objectives

既存建築の構造的・空間的ポテンシャルを活かしながら用途や価値を更新するアダプティブリユースは、環境負荷軽減、文化的記憶の継承、都市の持続的再生を同時に担い得る有効な手法として注目されている。しかし日本においては、耐震安全性の確保が制度的に強く要請されるため、既存構造体の耐力や剛性を高める「耐震補強」が改修の中心となりやすい。その結果、壁や補強ブレースの増設や既存フレームの補強が生じ、建築の自重増加や空間構成の制約のため、将来的な用途変更や再更新が困難化となる問題が顕在化している。すなわち、日本のアダプティブリユースは「安全性の確保」と「柔軟な用途変更」という二律背反的課題を内包していると言える。本研究は、この課題に対し、従来の耐震補強の更新手法とは異なる構造的視点から捉え直し、既存建築の持続的な再価値化を実現することを目的とする。

改修における設計判断を比較・評価するため、本研究では、物質的介入の度合いを示す指標として「介入の重量」を導入する。これは、耐震補強を単なる性能回復の技術としてではなく、材料の量・配置・介入方法に関する設計判断の質として捉えるための視座である。この視座に立つことで、耐震性能の確保は構造体の増量に限定されるものではなく、荷重の分散や建築全体の軽量化、支持経路の転換といった多様な操作を通じて達成することが可能となる。すなわち、耐震補強は「建築が成立する力の関係性を再編する行為」として位置づけられ、本研究ではこのような設計行為を「支える」と定義する。

以上の理論的整理を踏まえ、本研究は軽量性・可逆性・大空間性に優れた膜構造に着目する。膜構造は引張力を主とする構造原理により自重を抑えやすく、支持構造と外皮をレイヤーとして分離できるため、既存躯体への付加荷重を最小限に抑えながら空間更新を実現できる可能性を持つ。また膜材は耐用年数を前提とした交換が可能であり、構造体と外皮の寿命を分けて考えることで、建築を単一の完成形として固定化するのではなく、更新を内包した開かれたシステムとして成立させることができる。

第2章では、アダプティブリユースの概念と価値を環境的観点から整理し、欧州と日本の実践を比較することで、日本における更新の制度的・構造的特性を明確化した。欧州では最小介入や可逆性を重視し、更新を前提とした設計が体系化されているのに対し、日本では耐震補強を中心とした重い介入が主流であることを確認した。

第3章では、膜構造の成立と発展の経緯、構造原理、材料特性、法制度との関係を整理し、軽量介入としての技術的基盤を明らかにした。あわせて、筆者が実施した膜構造パビリオン《H/overlap》の設計・制作を通じ、膜構造が完成された形態を与えるものではなく、支持条件と張力の関係を調整し続けるプロセスそのものが構造デザインであることを実証的に検討した。

第4章では、Hochschule Trier 留学時における設計演習および日本の建築を対象とした設計提案を通じて、膜構造を用いたアダプティブリユースの有効性を具体的に検証した。

Hochschule Trier 留学時における設計演習では既存建築に付随する形の仮設劇場の設計を行なった。本設計演習は膜構造を直接用いたものではないが、既存建築を所与条件として読み替え、介入を分節化し、新旧の役割を再配分することで更新を成立させる設計態度を、実践として検証した。

広島市立中央図書館・映像文化ライブラリーを対象とした設計では、第2章および第3章で整理した「耐震改修を用いないアダプティブリユース」の考え方を、より明確かつ体系的に具体化した。既存 RC 躯体を長期的に保存される基盤と位置づけ、その外側に膜構造による軽量な環境緩衝層を付加することで、既存建築への付加荷重を抑えながら、耐震的合理性、環境性能の向上、空間的拡張性を同時に成立させている。

広島市立中央図書館の設計操作

1. 既存書庫（7 層）：

閉鎖的な空間特性を活かし、映像上映ボックス群として再編。積載荷重を軽減し、床を3枚撤去することで、減築による躯体の負担低減による耐震性の向上。

2. 2 階コリドー：

建築の南北軸を主要動線として再解釈し、中庭空間を活用するために軽量の膜屋根を架けることで半屋外のエントランス空間として更新。

3. 新築部との関係：

軽量化して耐震性能を高めた RC 既存建物に超軽量膜構造を一体化させて建築を創る。また、軽量鉄骨の新築部と動線的に連続させ、回遊性と眺望性を確保。北側の既存バルコニーを活かし、展望デッキを新築部との接続部とする。

これらの設計実践を通じて、本研究は、耐震補強による構造体の増量に依存せず、減築・軽量化・役割再配分・膜構造の付加といった操作によって既存建築を「支える」更新が可能であることを、具体的に示した。

以上の結果から、耐震安全性の確保は、必ずしも構造体の増量を伴う補強に限定されるものではなく、建築が成立する力の関係性を再編する設計操作によっても達成可能であることが示された。

膜構造を用いた軽量介入は、既存建築の構造的・空間的ポテンシャルを維持しながら、用途変更や再更新を許容する点で、日本におけるアダプティブリユースの新たな方向性を示している。また、「介入の重量」という視座を導入することで、改修における設計判断を環境的価値と接続し、比較可能な形で評価できる可能性が示唆された。

本研究が提示する「支える」という更新戦略は、建築を一度の改修で完成させるものではなく、時間の中で変化し続ける存在として捉える設計態度であり、人口減少社会における建築のあり方に対して重要な示唆を与える。

本研究は、膜構造を媒介として既存建築の成立条件を再編することで、日本におけるアダプティブリユースの可能性を拡張する設計手法を提示した。これは、環境負荷低減と耐震安全性、さらに将来的な柔軟な建築利用を同時に成立させる更新戦略であり、耐震補強を前提としない既存建築更新に対する新たな視座を提供するものである。

参考文献

- 建築部門が占める CO2 排出量, 建築物における LCA の推進について, 国土交通省
- 建築リフォーム・リニューアル調査 (表 2-3-1 工事目的、主たる工事目的別 受注件数 (2016 年度～2024 年度)), 国土交通省
- 減失住宅の平均築年数の国際比較, 長持ち住宅の手引き, 国土交通省
- 建築年代別住宅ストック国際比較, 長持ち住宅の手引き, 国土交通省
- 既存不適格建築物について, 国土交通省
- 日本の膜構造体系の変遷 (日本膜構造協会)
- 告示改正がもたらす建築物へのメリットと社会課題解決への貢献 (太陽工業株式会社 HP)
- 日本万国博覧会における主な施工物件 (太陽工業株式会社 HP)
- 建築物のライフサイクルカーボンの構成と思考における算定方法, 総合資格 navi HP
- [海外で注目を集める「アダプティブリユース」とは?], 2023.05, TECTUREMAG,
- 鉄骨ブレースフレーム /RC 耐震壁, 建築画報 402 2025 05/vo.61,p.116-117
- 改修における構造デザインの体系, 建築画報 /402/2025 05/vo.61,p.4
- 材料別重量比較表, 太陽工業株式会社 HP
- 光環境性能比較, 太陽工業株式会社 HP
- 建築材料別 CO2 排出量比較, 太陽工業株式会社 HP
- 膜屋根利用による省エネ効果, 太陽工業株式会社 HP
- Shahi et al. (2020,A definition framework for building adaptation projects, Fig2
- RICS, LETI Embodied Carbon Primer, Whole life carbon assessment
- フランクフルト市各劇場：ゲートロイ地区への暫定移転計画, Hochschule Trier, SoSe 2025 MAR 1.2
- 広島市立中央図書館館内の現状, 広島市立中央図書館等再整備基本計画令和 5 年 1 月, 資料 2



「膜構造」の実践

H/overlap 制作 (2024/03-2024/09)

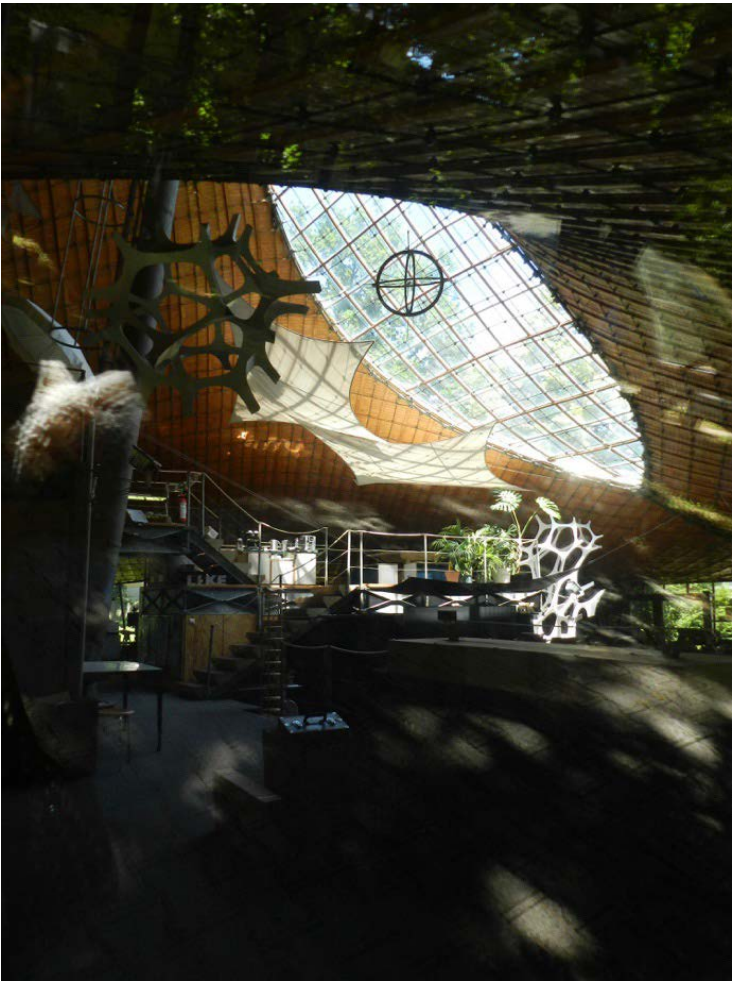


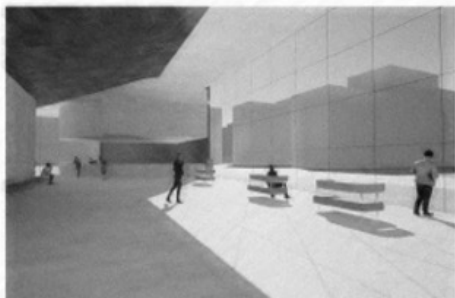
膜構造の探究

Hochschule Trier 留学時 (2025/03-2025/08)

1	2	4
	3	

- 1 ダンス場 ,Köln
- 2 ミュンヘンオリンピックパーク ,Munchen
- 3 Multihalle ,Mannheim
- 4 モントリオール万博西ドイツ館 一部の移築 ,Stuttgart



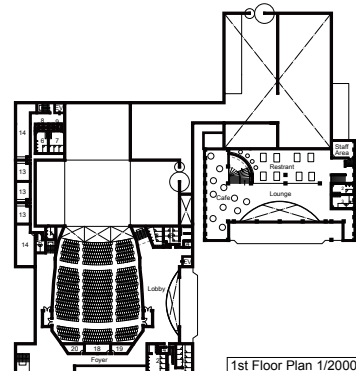
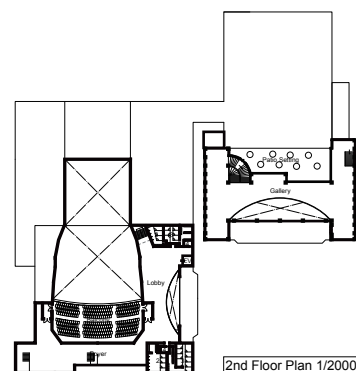
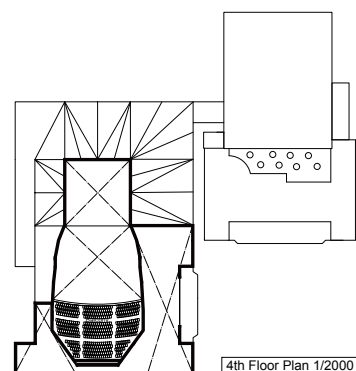
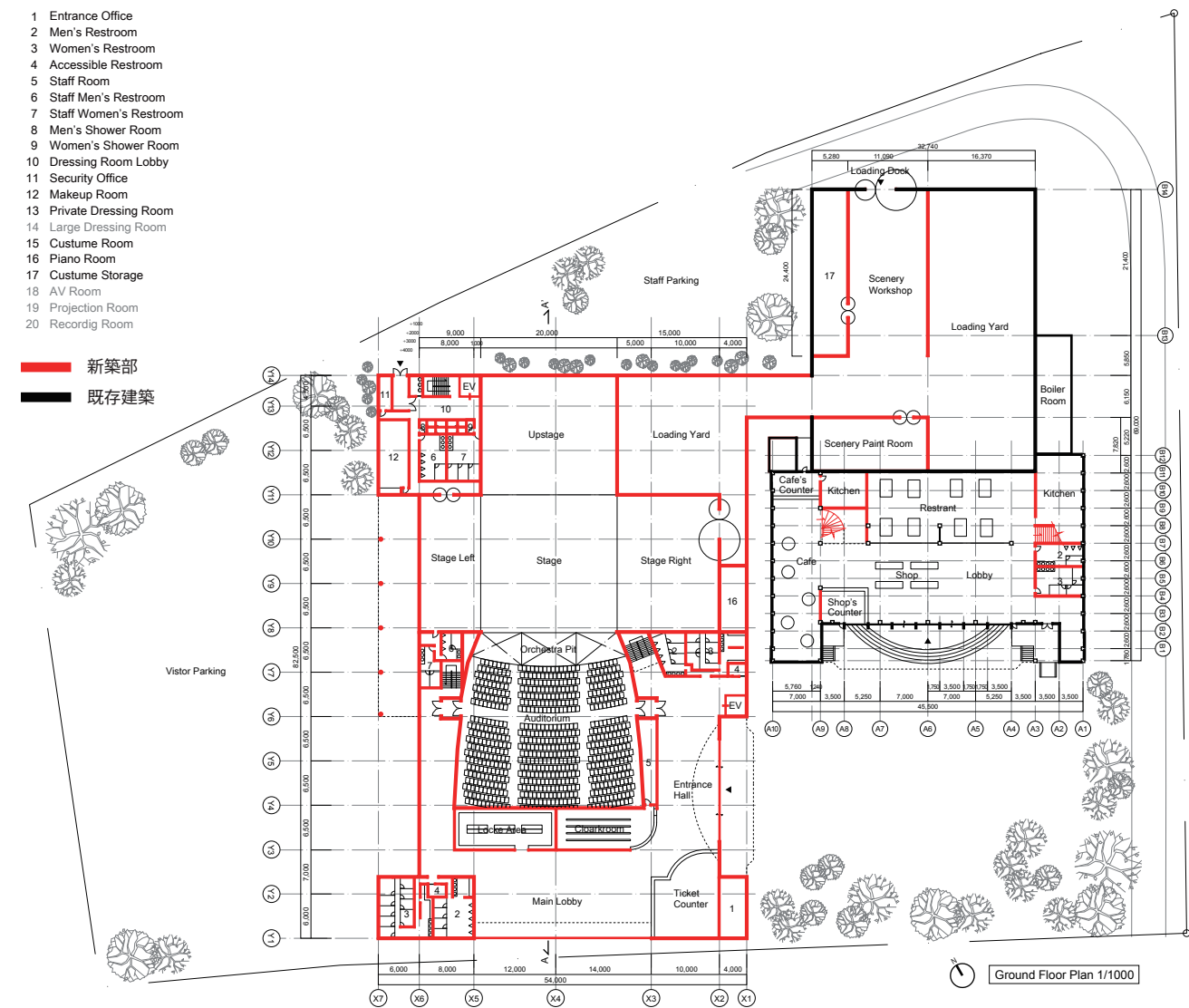


「Adaptive Reuse」の実践

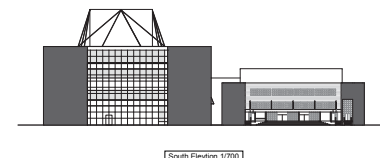
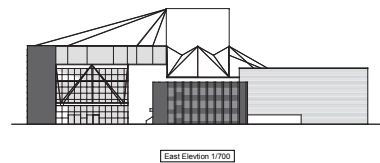
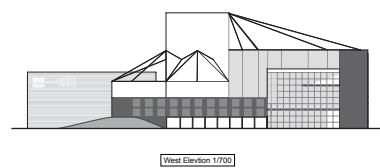
フランクフルト仮設劇場の制作 (2025/04-2025/07)

- 1 Entrance Office
- 2 Men's Restroom
- 3 Women's Restroom
- 4 Accessible Restroom
- 5 Staff Room
- 6 Staff Men's Restroom
- 7 Staff Women's Restroom
- 8 Men's Shower Room
- 9 Women's Shower Room
- 10 Dressing Room Lobby
- 11 Security Office
- 12 Makeup Room
- 13 Private Dressing Room
- 14 Large Dressing Room
- 15 Costume Room
- 16 Piano Room
- 17 Costume Storage
- 18 AV Room
- 19 Projection Room
- 20 Recording Room

■ 新築部
■ 既存建築



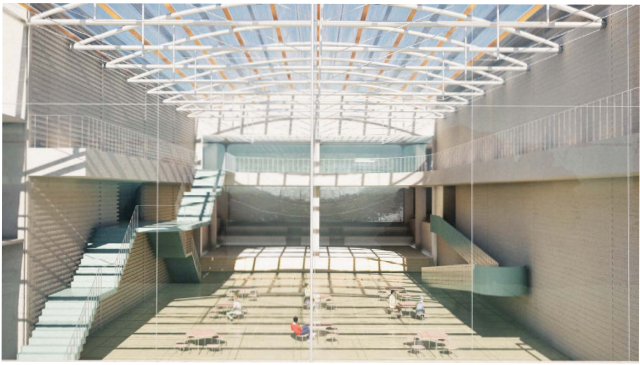
Scale Bar 1:2000





「Adaptive Reuse」 × 「膜構造」の実践

広島市立中央図書館・映像文化ギャラリーのアダプティブリユース



広島市立中央図書館改修 重量比較

	1m2あたりの平均重量(t/m2)	床面積(m2)	建物重量(t)	減①	減②	減③	増①	増②	増③	増④	AR後の重量	低減率
RF	1.00	2,200	2,200	-375			30	86	3		1,944	88%
3F	1.20	2,200	2,640		-375	-532		202	3	35	1,972	75%
2F	1.20	2,200	2,640		-375	-532		202	3		1,937	73%
1F	1.20	2,200	2,640		-375	-532			3		1,736	66%
		総重量	10,120							総重量	7,590	75%

用途変更・減築・膜構造の増築により、
既存建物重量から約 **25%**の重量を低減

地震力は建物重量に比例するため、
「地震力低減＝耐震性能向上」を実現

減①RFの屋根の架け替え			増① 中庭屋根		
RCスラブ+押さえコン+防水+天井	0.80	t/m2	フレーム+膜屋根	0.05	t/m2
膜屋根+鉄骨フレーム	0.05	t/m2	対称面積	600	m2
差	0.75	t/m2	重量増	30	t
対称面積	500	m2	増② 東側新築建物		
重量減	375	t	屋根	0.30	t/m2
減②書庫フロアの削減			面積	288	m2
RCスラブ+仕上げ+天井・設備	0.60	t/m2	重量増	86.4	t
積載荷重 書庫	0.74	t/m2	床	0.70	t/m2
合計	1.34	t/m2	面積	288	m2
対称面積(1フロア)	280	m2	重量増	201.6	t
重量減	375	t	増③ 南側ファサード		
減③図書館から美術館への用途変更(積載荷重変更)			壁	0.05	t/m2
図書館積載荷重	0.49	t/m2	面積(各階)	60	m2
美術館積載荷重	0.21	t/m2	重量増	3	t
差	0.28	t/m2	増④ 追加バルコニー		
対称面積(1フロア)	1,900	m2	床	0.70	t/m2
重量減	532	t	面積	50	m2
			重量増	35	t



Before



After



Before



After



Before



After



Before



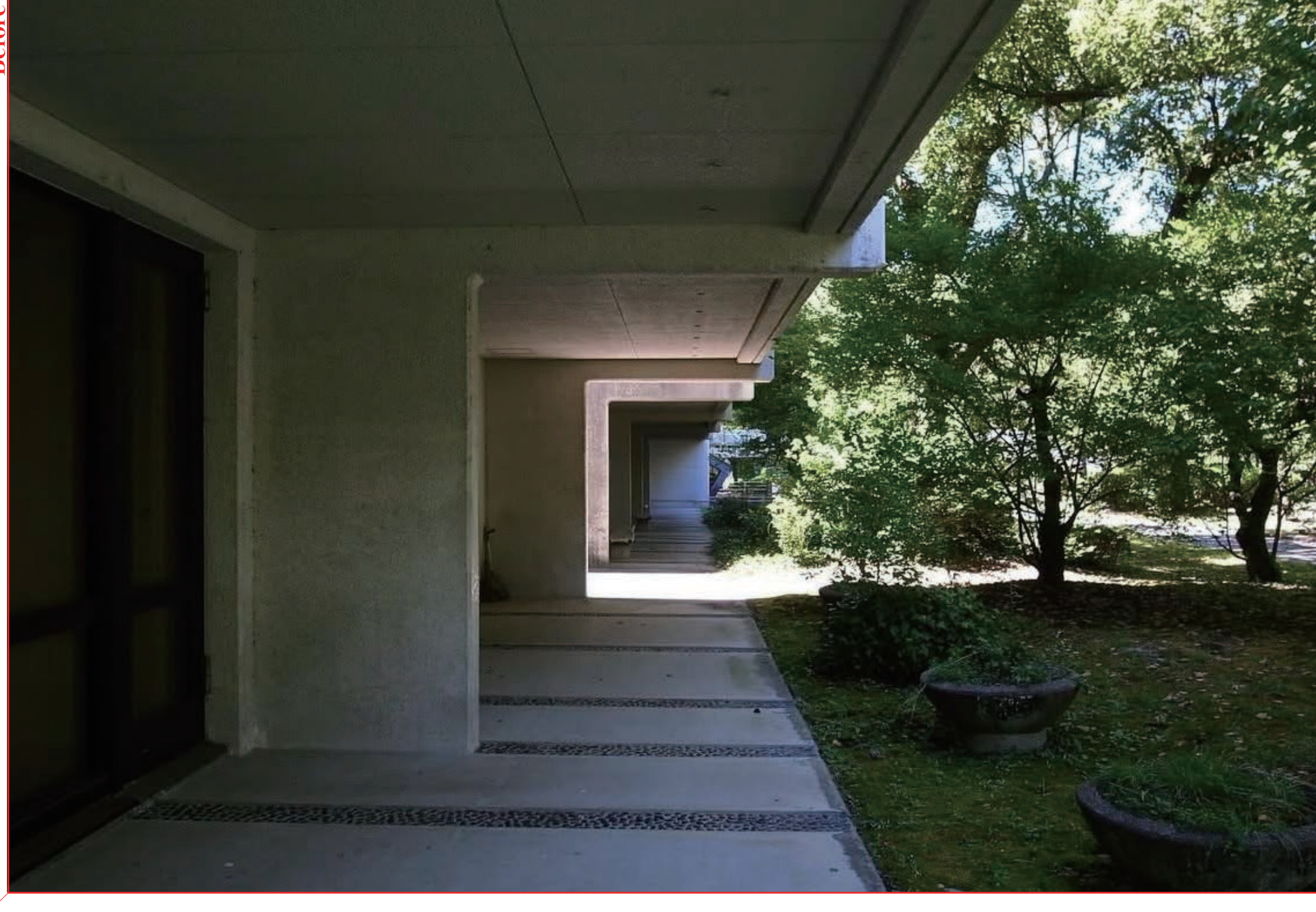
After



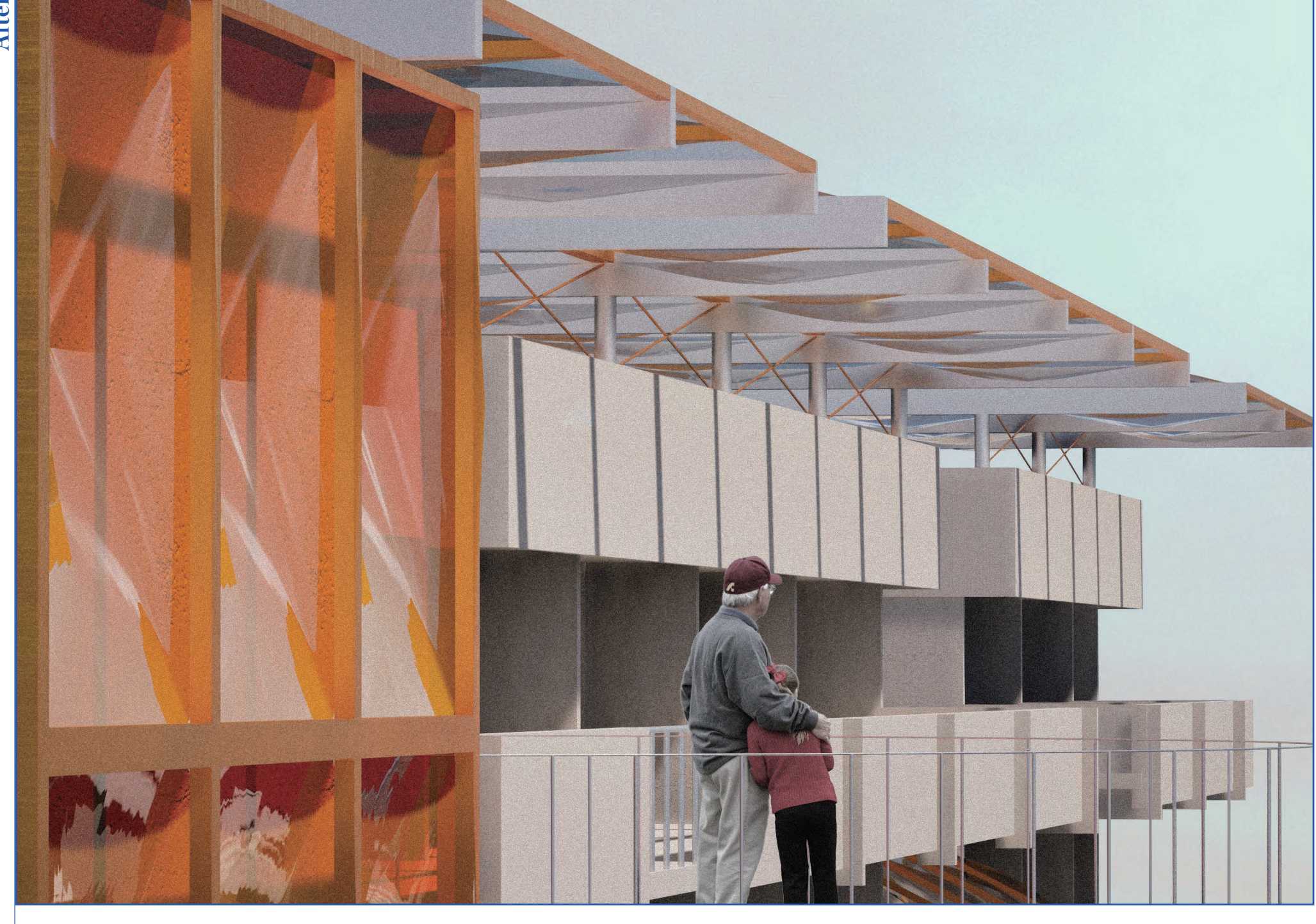
Before



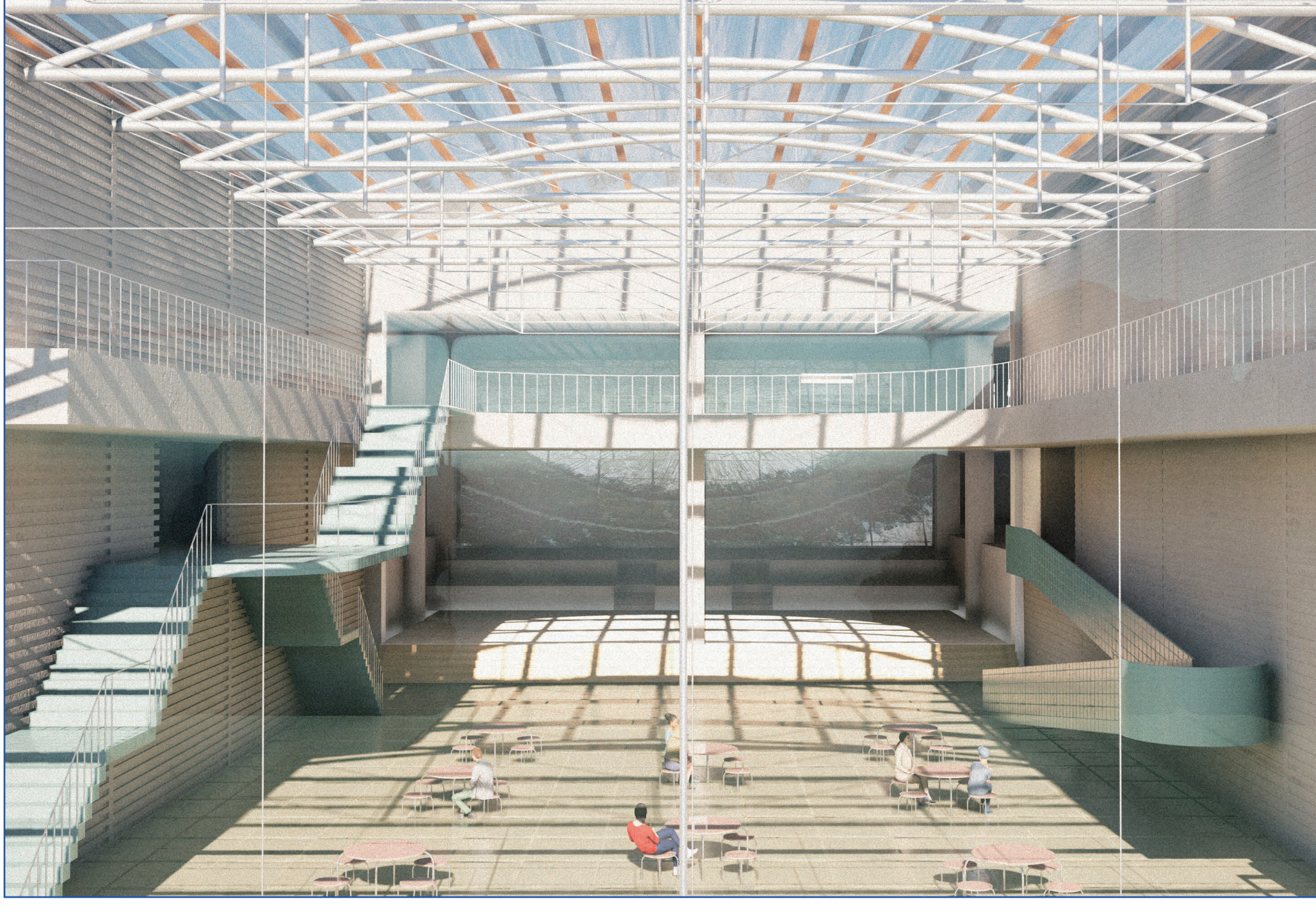
After



Before



After



Before



After



Before



After