

<응용논문>

전동 모빌리티 차체 디자인을 위한 커튼월구조로부터의 시사점 고찰

구상*

홍익대학교 산업디자인학과

An Observation on Implications from Curtain Wall Structures for Electrified Mobility Body Designs

Sang Koo*

Department of Industrial Design, Hongik University, Seoul 04066, Korea

(Received 16 May 2022 / Revised 14 July 2022 / Accepted 15 July 2022)

Abstract : The purpose of this study is to find the implications of body designs on electrified mobility systems by comparing the characteristics of curtain wall structures and structural differences in spaces and shapes. This study examined the structural characteristics of curtain wall structures and several recent electrified mobility concepts. In this study, the implications of an electrified mobility body design were inferred after analyzing curtain wall structures, such as paired glass panels and light-reflecting glass louvers with asymmetrical body shapes, and the skateboard flat form. The aim of the electrified mobility design is to fulfill the independent need of each passenger, and it will be the most evident characteristic of a vehicle's exterior and interior design, just like the requirements of curtain wall structures in both space concepts and light and temperature management.

Key words : Curtain wall structure(커튼월구조), Separate structure(분리 구조), Electrified mobility(전동 모빌리티), Skateboard flatform(스케이트보드 플랫폼), Pair glasses(복층 유리), Light reflective louvers(광선 반사용 루버)

1. 서론

최근에 차량의 전기동력화와 전자제어기술 적용의 확대로 자동차를 기계보다는 바퀴 달린 전자 제품으로 간주하는 시각이 나타나고 있다. 근래의 소비자가전전시회(Consumer Electronics Show; CES)에서 자동차 기업뿐만 아니라 전자제품기업이 전자기술을 결합한 다양한 유형의 전기동력 차량을 선보이는 것이 그것을 방증하고 있다. 그와 동시에 차량의 사용성(使用性) 개념이 주목됨에 따라, 이것을 반영한 모빌리티 서비스(Mobility service)와 그를 위한 목적 기반 차량(目的基盤車輛, Purpose Built Vehicle, PBV)도 다수 등장하고 있다.

목적 기반 차량은 명칭 그대로 다양한 용도를 목적으로 개발된 모빌리티라고 정의¹⁾되는데, 전기동력화에 의한 차량 구조 제약 감소로 다양한 공간과 기능성이 높은 구조를 특징으로 하고 있으므로, 향후의 모빌리티에서

주요 유형의 하나가 될 것으로 보인다. 여기에 시속 50 km의 속도제한이 존재하는 도심지 교통환경에서 목적 기반 차량이 주로 사용될 것으로 보여 공기역학적 차체 디자인에 대한 요구도 높지 않을 것이라는 전망¹⁾도 제시되는 등 외형보다는 차체 구조나 공간 구성이 중심이 되는 디자인 접근이 중시될 것으로 보인다.

또한, 최근에 등장하는 모빌리티 콘셉트 대부분에서 기존의 A, B, C-필러(Pillar) 등으로 구성된 차체 형식에서 변화된 넓은 면적의 유리창을 가진 차체 형태를 볼 수 있다. 이러한 변화는 향후에 등장하게 될 자율주행 기능의 전동 모빌리티 차체 디자인의 변화 방향도 암시하는 것이라고 할 수 있다.

이에 본 논문은 최근의 전동 모빌리티 차체에서 주목되는 창문 면적 확대가 외형에서 현대 건축물에서 보이는 창이 넓은 구조의 하나인 커튼월(Curtain wall)구조와

*Corresponding author, E-mail: koosang@hongik.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

유사성을 가진다는 점을 바탕으로, 상호의 특징과 개념 비교를 통해 근 미래의 전동 모빌리티의 차체 디자인에서 활용 가능한 차체 디자인의 시사점을 찾고자 한다.

Fig. 1은 이를 위한 연구 내용 간의 상관관계를 도식화한 것으로, 여기에서는 건축 구조에서 커튼월구조와 최근에 등장한 모빌리티의 차체 구조 변화요인이 디자인으로 나타나는 특징 등을 비교해 살펴보는 구조를 나타냈다.

이러한 연구 구조에 따라 본 논문에서는 먼저 현대건축에서 나타난 창의 면적이 넓은 형태로 커튼월구조를 가진 건축물의 특징을 개관하고 그 장단점 등과 비교한다. 그리고 주요 전동 모빌리티의 차체와 차대(車臺), 또는 플랫폼(Flat form)구조와 그 특징에 대해 고찰한다. 이후 이들 간의 특성 비교를 통해 시사점을 도출한다.

고찰 대상 건축물은 커튼월구조의 대표 사례로 거론되는 건축물 중 과거와 현재의 다섯 종의 건축물을 선정하였다. 또한, 고찰 대상 차량은 2022년까지 등장한 전동 모빌리티 중에서 기존의 차량을 개조한 유형이 아닌, 새로운 플랫폼을 바탕으로 개발된 차량을 선정하였다. 이들을 바탕으로 본 논문에서는 다음의 세 가지 범위로 연구 결과를 정리하였다.

커튼월구조 건축물 구조의 특징
 최근의 전동 모빌리티 구조와 특징
 전동 모빌리티 차체 디자인의 시사점



Fig. 1 LG Electronics concept mobility with wider glass areas, 2022

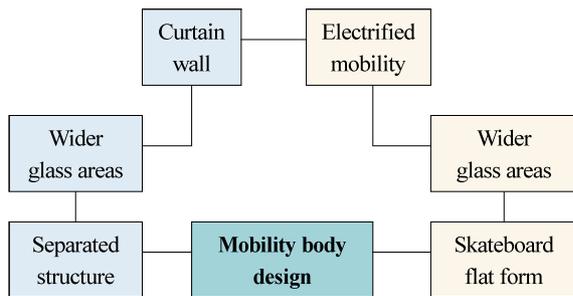


Fig. 2 Research concepts relations

2. 커튼월구조의 고찰

2.1 현대건축과 커튼월구조

오늘날의 건축에서 일반적으로 받아들여지는 커튼월 구조는 건축물의 외피(外皮)를 이루는 유리창이 구조물을 지탱하는 내력벽(耐力壁)이 아닌 유형이라는 특징을 가진다. 즉, 건축물의 외피는 건물 외부의 기후 조건과 실내 거주자를 나누는 용도로만 존재하는 기능을 하며, 이에 따라 건축물의 외관은 주로 유리로 덮여 있는 모습으로 기둥과 같은 구조물은 강조되지 않는 형태를 가지는 것이 일반적이다.²⁾

커튼월구조의 시초는 1952년에 건립된 유엔 사무국 건물이라는 견해가 있으나, 그보다 앞서서 1925년에 뉘스하우(Dessau)에 지어진 제2기 바우하우스(Bauhaus)의 신축 건물이 최초의 커튼월구조의 건축물이라는 견해³⁾도 볼 수 있다.

바우하우스의 설립 이전의 1908년부터 독일공작연맹을 실무적으로 이끌었던 피터 베렌스(Peter Behrens)는 기업의 대량생산제품 디자인 작업을 수행하면서 그 당시에 20대 초반의 청년이었던 미스 반데 로에(Ludwig Mies van der Rohe), 발터 그로피우스(Walter Gropius), 샤를 에두아르 잔느레(Charles Edouard Jeanneret, 르코르뷔지예; Le Corbusier의 본명), 알바 알토(Hugo Alvar Henrik Aalto) 등의 문하생을 거느리고 1912년까지 운영⁴⁾하게 된다.



Fig. 3 UN Headquarter building, 1952



Fig. 4 Bauhaus, Dessau, 1925

이들 중 르코르뷔지에의 건축 활동이 바우하우스의 커튼월구조 건축에 영향을 준 것으로 보이는데, 그는 1905년에서 1914년 사이에 건물 기초에 콘크리트 슬래브(Slab)를 만들어 기둥을 세우고, 다시 그 위에 다른 층의 기둥과 슬래브를 얹는 구조의 「돔 이노 시스템(Dom Ino System)」을 고안³⁾하는데, 이 구조는 벽체가 내력 구조를 가지지 않는 것으로, 뎃사우 바우하우스 건물의 회랑에서 사용되고 외부를 유리로 마감하여 커튼월구조의 초기 형태를 보여주고 있다.

이후 커튼월구조를 적극적으로 적용한 인물은 미스 반데 로에 이다. 그 역시 1908년에 피터 베렌스의 독일공작연맹에 합류한 인물 중 한 사람이며, 베를린에 세워진 3기 바우하우스의 학장(1932-1933)을 지냈다. 본명은 마리아 루트비히 미하엘 미스(Maria Ludwig Michael Mies)로 독일 아헨 태생이며, 2차 세계대전을 기해 미국에 귀화했다. 보통 그의 성으로만 언급되어 「미스(Mies)」라고 불린다.

그는 단순성으로 나타나는 건축양식을 만들어냈다고 평가되며, 미국에서 건축가로 활동하면서 커튼월구조를 적극적으로 적용했다. 대표적 커튼월구조 건축물로 언급되는 「크라운 홀(Crown Hall)」과 「시그렘 타워(Seagram Tower)」 등은 최소한의 구조와 골격에 판유리로 구성된 양식을 제시하여 1950년대를 대표하는 건축물로서, 그의 커튼월구조 설계 완숙기의 건축물로 평가되기도 한다.

그는 자신의 건축물을 “피부와 뼈”(Skin and bones)의

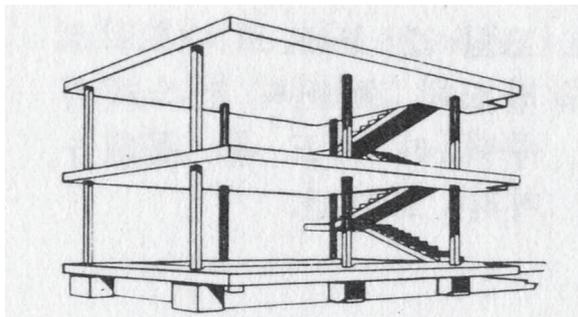


Fig. 5 Dom Ino System Structure by Le Corbusier, 1914



Fig. 6 Crown Hall by Maria Ludwig Michael Mies, 1956



Fig. 7 Seagram Tower by Maria Ludwig Michael Mies, 1956

건축으로 칭했으며, 이와 관련된 그의 주장 “Less is more”(적을수록 많다)와 “God is in the details”(신은 세부 속에 있다)⁴⁾ 등이 알려져 있다.

2.2 커튼월구조와 스토어 프론트 구조

커튼월구조는 서구의 전통적 석조 건축에서 석재를 절삭 하는 과정에서 장식을 조각해 제작하던 것과 달리 거푸집에 콘크리트를 부어 양생시키는 공법, 또는 철골조립구조로의 전환으로 인해 전반적으로 단순한 조형의 기둥과 벽체로 유리창 면적이 증대된 외관을 가진다. 이러한 구조에서 유리창은 상하 슬라브 사이에 세워진 벽체⁵⁾이다.

커튼월구조와 유사한 외형으로서 전면에 유리 벽이 설치된 「스토어 프론트(Storefront)」구조가 있는데, 이는 대체로 재래식 건축물에서 벽체를 제거하고 창을 넓혀 설치한 유형이다.

Table 1에서는 커튼월구조와 스토어 프론트 구조의 특징을 주된 구조와 전체 층고(層高), 그리고 유리 벽체를 지지하는 구조물(Mullion)의 간격 등으로 비교하였다. 스토어 프론트 구조 역시 내력 벽체가 아닌 유리로 만들어진 벽체구조물에 의한 전면 파사드(Façade)를 가진다는



Fig. 8 Typical Storefront structure façade

Table 1 Comparisons of curtain wall vs. storefront

	Curtain wall	Storefront
Main structure	Pillars & slabs	Pillars & slabs or conventional building structure
Elevation	-	Maximum 3 floors
Facade	Glass wall	Glass wall
Mullion	-	Necessary

집에서는 커튼월구조와 외관상 유사하나, 전통적 구조의 건축물을 개수해 전면에 비내력 유리창 벽체를 적용한 사례도 존재한다. 스토어 프론트 구조에서는 커튼월 구조와 달리 유리창과 유리창을 지지 구조물인 물리온(Mullion)이 요구되며, 유리 벽체의 적용 높이도 3층 이하의 규모에 그친다. 이를 바탕으로 보면, 스토어 프론트 구조는 주된 건축물에서의 구조체 적용 높이, 물리온 요구 등에 의해 커튼월구조와는 다른 것⁷⁾으로 정의되고 있다.

2.3 커튼월구조의 특징

커튼월구조의 외벽은 건물의 비구조적 외피로서, 실내 거주자를 외부 기후 조건으로부터 분리하는 커튼(Curtain)의 용도로만 사용된다. 커튼월 벽체 자체는 자체의 고정하중 외에는 건물의 구조적 하중을 받지 않는다. 즉 벽체는 건물의 바닥이나 기둥의 연결부를 통해 벽체에 가해지는 횡 방향 풍하중을 주요 건물 구조로 전달하는 역할만을 하게 된다.²⁾

이처럼 커튼월 자체는 내력 구조가 아니므로 콘크리트나 석재 대신 유리, 또는 금속 샌드위치 패널(Metal sandwich panel) 등 경량 소재가 사용되므로 건축물 자체의 중량을 줄일 수 있으며, 벽체를 공장에서 대량생산 후 운반해 현장에서 골조공사와 동시에 조립할 수 있다.⁸⁾

커튼월의 벽체 시공은 조립 방법에 따라 녹다운(Knock down) 방식과 유닛 월(Unit wall) 방식이 있다. 녹다운 방식은 각각의 재료를 현장에서 조립하여 설치하는 방식이며, 유닛 월은 각 구성 재료를 공장에서 미리 조립하여 현장으로 운반해 현장에서 이들 유닛을 설치하는 방식이다. 두 방식 모두 벽체는 규격화된 부재로 조립할 수 있어서 공사 기간 단축이 가능하다⁹⁾는 사실을 확인할 수 있다.

2.4 커튼월구조의 변화

대부분의 커튼월구조 유리창은 고정되어있어 문을 제외한 건물 외부에서는 직접 접근할 수 없다. 그러나 개폐 창문이나 통풍구는 커튼월구조에서 별도의 틀(Sash)을 설치해 환기 또는 작동 가능한 창문을 설치할 수 있다. 또한, 유리 사용의 장점은 자연광이 건물 내부로 침투할

수 있다는 것이지만 대부분의 유리 외벽의 커튼월구조는 열전도율이 높아 하절기에 실내 온도가 높아진다는 단점이 특히 크다. 이는 냉난방 비용에 영향을 미치며, 반대로 동절기에는 벽을 통한 열 손실 발생의 가능성이 크다. 따라서 단열성능이 좋지 않은 부재로 제작된 커튼월구조에서는 칸막이 안쪽이나 구조물 내부에 수분 응결이 발생할 수 있으며, 이로 인해 내부 마감재나 벽체가 부식되거나 손상될 수 있다¹⁰⁾는 것이 단점으로 제기된다.

이를 극복하기 위해 최근의 거의 모든 커튼월구조에서는 유리창의 단열을 위해 복층 유리(複層琉璃; Pair glasses)가 채택(Fig. 9)되거나, 태양광에 의해 발생하는 열 차단을 위해 건물 벽체 외부에 별도의 태양광선 반사용 유리 루버(Reflective glass louver)를 설치한 구조의 건축물(Fig. 10)도 등장하고 있다.

Table 2에서 커튼월구조의 장단점을 정리하였다. 구조적 측면이나 외관에서의 장점은 유리 벽체로 인해 초현대적 파사드를 가질 수 있다는 장점이 있으나, 단점으로는 정기적으로 외부 유리창을 닦아야 한다는 점에서 전통적 건축물 대비 청결성 유지비용이 소요된다는 점과 동절기 및 하절기 실내의 광선과 온도의 관리 비용이 발생한다는 점을 들 수 있다.

한편, Fig. 10의 건축물과 같이 외부에 태양광선 반사용 유리 루버를 설치한 때는 실내 온도 및 광선 관리 비



Fig. 9 Pair glasses and wall assembly of curtain wall structure



Fig. 10 Curtain wall Structure with outer reflective glass louvers, Kia Vision Square Yongin, 2021

Table 2 Advantages & disadvantages of curtain wall system

	Advantages	Disadvantages
Structure & exterior	Wider glass areas with Clean façade Less construction cost & period	Necessity of regular outer glass panel cleaning cost
Interior space & environments	Standardized interior space	Difficulties in light & temperature management

용은 줄일 수 있으나, 외부의 유리창 관리에서 난점이 생긴다는 점을 들 수 있다.

3. 모빌리티 차체 구조의 변화

3.1 전동화와 구조 변화 사례

3.1.1 MB Vision URBANETIC

메르세데스 벤츠가 2018년 11월 제네바 모터쇼에서 발표한 「비전 어바네틱(Vision URBANETIC)」 모빌리티 콘셉트는 자율주행이 가능한 전기 동력 플랫폼을 바탕으로 하고 있으며, 여기에 다른 유형의 차체로 바꾸어 설치할 수 있는 구조로 되어 있다.¹¹⁾

「비전 어바네틱」의 적재 공간의 길이는 3.70 m이며, 차체의 길이와 높이는 5,144×2,330(mm)이고, 승차 공유(Ride sharing) 차량으로 쓰이게 되면 12명의 승객을 수용할 수 있으며, 화물 운송 시에는 10개의 유료 팔레트(EPALs)를 운반할 수 있다.

차량 구조는 전동 모터와 배터리, 컨버터 등으로 구성



Fig. 11 Variations of URBANETIC, 2018



Fig. 12 Skateboard-Chassis of URBANETIC

된 플랫폼을 바탕으로 다양한 구조와 형태의 차체를 올려서 사용할 수 있는 구조이다. 기본적으로 플랫폼에서 차량의 운행에 필요한 프레임과 다양한 형태와 구조의 차체로 구성돼 있다.

3.1.2 Toyota e-Palette Concept

토요타의 「e-Palette」 콘셉트는 2018년 CES에서 공개된 차량으로 MSPF(Mobility Services Platform)를 활용하여 커넥티드 모빌리티 차량을 제안하였다. 차량의 크기에 따라 차륜이 4개와 8개의 모빌리티 플랫폼 서비스를 통해 제공된다.

기본적인 플랫폼에서 실내 공간의 구성 변화를 중심으로 「On Demand Retail Experience」 개념으로 소비자의 요구에 맞춘 다양한 유형의 활용성이 제시되었다. 소포 배달, 승차 공유 또는 전자 상거래 등 다양한 용도에 따라 제작된 차체 구조로 조립될 수 있으며, 바퀴 수와 축간거리 등에 따라 다양한 차체 크기와 형태로 제안하였다.¹²⁾ 또한 플랫폼 기반의 로봇과 소형 차량 등 다양한 배리어이션을 가지고 있다고 발표하였다.¹³⁾

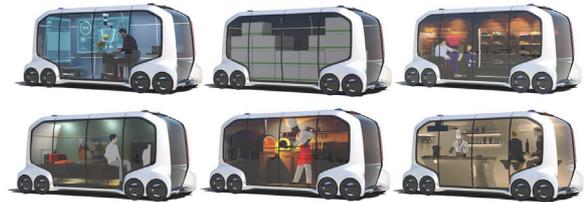


Fig. 13 Body variations of Toyota e-Palette, 2018



Fig. 14 Toyota e-Palette usages, 2018

3.1.3 Rivian Truck

미국의 미시간(Michigan)주 플리머스(Plymouth)시에 본사를 둔 전기 트럭 생산 업체 「리비안(Rivian)」은 2019년에 전기 동력 픽업트럭 「RT1」의 개발을 완료한 뒤로 포드(Ford)와 아마존(Amazon)의 대규모 투자를 유치했다고 밝힌 바 있다. 아마존은 리비안 전기 트럭 플랫폼으



Fig. 15 Rivian EV truck for Amazon, 2019



Fig. 16 Platform of Rivian RT1

로 제작된 10만 대를 2030년까지 배치할 것이며, 일부는 1년 이내에 미국 도로에서 운행될 것이라고 발표했다.

배송용 트럭은 「리비안」의 전기 구동 방식의 차대(車臺; Chassis) 플랫폼을 기반으로 제작될 예정으로 알려지고 있다. 리비안 전기 트럭의 인스트루먼트 패널(Instrument panel)에는 아마존(Amazon)의 물류 관리 시스템이 탑재되어 배송 작업을 하게 된다.¹⁴⁾

3.1.4 BOSCH IOT Shuttle

보쉬(Bosch)는 2019년 프랑크푸르트 모터쇼(Frankfurt Motor Show; IAA 2019)에서 사물인터넷 기술이 결합된 콘셉트의 「IoT 무인 전기 셔틀」을 공개했는데, 이 차량은 도시 교통 분야에 대한 새로운 해결책을 내놓는 것을 목표로 했음을 밝혔다.¹⁵⁾

이 차량은 상품을 운반하거나 사람들을 수송하는 기능을 중심으로 예약, 공유 및 네트워킹 플랫폼, 주차 및 충전 서비스, 차량 관리 및 운행을 위한 소프트웨어, 그리고 이동 중 활용 가능한 인포테인먼트 등이 포함되어 있다고 발표되었다.

이 차량은 미니멀리즘(Minimalism)에 입각한 디자인 조형과 디스플레이 스크린과 차체 측면 대부분의 면적이 유리로 만들어진 차체, 그리고 건축물 개념의 실내 공간을 제시하였다.

3.1.5 Hyundai S-Link Shuttle

2020년 1월에 현대자동차가 미국의 소비자 가진 전시

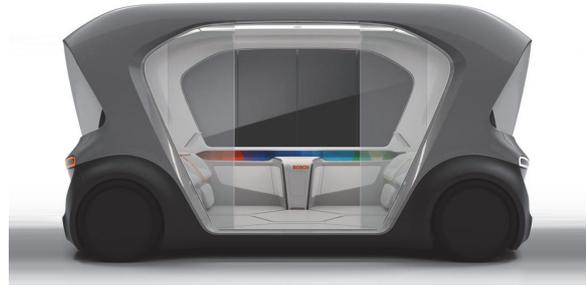


Fig. 17 Side view of Bosch IoT Shuttle Bus, 2019



Fig. 18 Interior of Bosch IoT Shuttle Bus, 2019

회에서 도심 항공 모빌리티 「S-AI」을 공개하면서 여객기가 환승용 거점 허브(Hub)에서 최종 목적지까지 승객을 수송하는 기능의 목적 기반 차량으로서 「S-Link Shuttle」을 제안하였다.

여기에서 제안된 목적 기반 차량은 자율주행 기반이



Fig. 19 Hyundai S-Link Shuttle, 2020

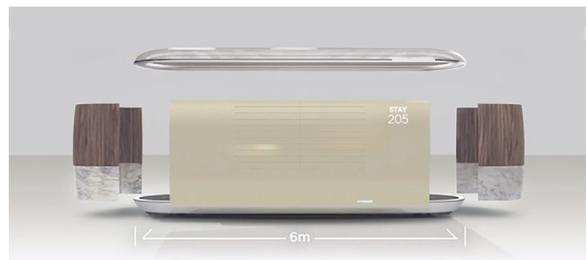


Fig. 20 Hyundai S-Link Shuttle body variation, 2020

며, 용도에 따라 4 ~ 6 m까지 다양한 길이로 변형 생산되며, 차체 하부에 배터리를 넓게 깔 스케이트보드 구조로 되어 있다. 차체 상부는 태양광 충전 패널이 설치된 루프를 장착했으며, 360도 자유롭게 회전이 가능한 휠을 장착했다고 홍보하였다.

차체 외부에는 실시간으로 정보를 전달해주는 디스플레이 패널을 장착했으며, 무선 충전 기능이 있는 목적 기반 차량이 별도로 운영되어, 주행 중에도 연결해 충전할 수 있다. 차체 형태는 미국 샌프란시스코의 대표적 이미지인 「케이블카(Cable Car)」를 주제로 했으며, 이를 통해 도시의 상징(City Icon), 이동형 삶의 공간(Living Space on Wheels), 군집 주행(Clustered Mobility)이라는 세 가지 핵심 가치를 적용해 개인 맞춤형 서비스를 제공한다고 발표되었다.

3.1.6 Citroen Skate Mobility Concept

2022년 1월에 열린 미국의 소비자 가전 전시회 「CES 2022」에서 프랑스 시트로엥(Citroen)은 「스케이트 모빌리티 콘셉트(Skate mobility concept)」를 공개했다. 이 차량은 시트로엥의 차세대 모빌리티를 위한 플랫폼 콘셉트이며, 차량을 활용하는 기업의 서비스 성격에 따라 실내 공간이 라운지, 수면 공간 등 다양한 용도에 적합한 모빌리티 툴(Mobility tool)의 개념으로 개발되었다.

스케이트 모빌리티 콘셉트는 플랫폼 위에 다양한 용도의 ‘서비스 포드(Service pod)’를 장착하고 구체(球體) 타이어를 이용해 4륜 구동과 4륜 조향 기능으로 이동 방



Fig. 21 Citroen skate mobility concept, 2022



Fig. 22 Citroen skate mobility platform, 2022

향을 자유로이 변환시킬 수 있다. 배터리, 전기 모터, 레이더와 라이다 등을 탑재하고 있으며, 레벨 5수준의 자율주행을 설정하고 있다. 도심 주행 전용으로 최고속도는 25 km/h로 제한되고 있다.

3.2 전기 동력과 차량 구조

3.2.1 플랫폼 구조

3장 1절에서 고찰한 여러 종류의 모빌리티 특징은 전기동력의 스케이트보드 플랫폼을 기반으로 차체 구조를 다양한 유형으로 바꾸어 적용했음을 볼 수 있다. 이 특징을 정리하면 Table 3과 같다. 이들 차종은 모두 평평한 형태의 스케이트보드(Skate board) 플랫폼 또는 차대(車臺) 구조를 바탕으로 하는 차체 조립 방식으로 제작되어 있음을 볼 수 있다. 플랫폼에서 차체의 강성(剛性; Strength)을 모두 확보한 구조로 되어 있으며, 그에 따라 상부에 탑재되는 차체는 구조적 제약이 크지 않아, 차체 측면을 넓은 면적의 유리창을 설치하거나 개방적 차체를 설치했다.

이와 같은 전기동력 플랫폼, 또는 차대(車臺) 구조로서의 스케이트보드 구조는 2002년에 GM이 발표한 연료전지 콘셉트 카 「하이-와이어(Hy-wire)」에서 처음으로 제시됐다. GM이 제시했던 구조는 스케이트보드 형태의 250 mm 두께의 평평한 플랫폼 내부에 연료전지를 위한 수소 탱크와 인버터(Inverter), 동력용 전기모터 등이 탑재되며, 앞바퀴 조향 방식은 스티어링 휠과 타이 로드(Tie-rod) 사이에 물리적인 조향축(Steering shaft)이 존재하지 않는 전기적 방식(Steer by wire)이었다.

이에 따라 기존의 차량에서와 같은 엔진룸과 객실, 화물실 등으로 나누어지는 3박스 구조에서 벗어나 차체 전체가 플랫폼 위에 하나의 공간으로 구성된 모노 볼륨(Mono-volume) 구조가 가능¹⁶⁾함을 제시했다. 실내 바닥은 평면의 플로어(Floor)가 확보됨에 따라 좌석 배치에서 제약이 사실상 사라지고 승객의 동선(動線) 배치 역시 매우 자유로워진다. 화물 운반용 차량으로 이용 시에는 적재공간의 가변적 활용이 가능하다.

Table 3 Body structure analysis of PBVs

Models	Structure
MB UBANETIC	Body on platform
Toyota e-Palette	↑
Rivian	↑
Bosch IoT Shuttle	↑
Hyundai S Link	↑
Citroen Skate Mobility	↑

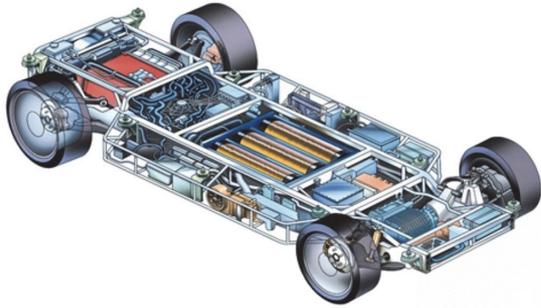


Fig. 23 Skateboard flatform by GM, 2002

그러나 운전과 자율주행의 선택 가능한 차량에서 실내공간의 완전한 자유로운 활용을 위해서는 제어장치의 전자화(Control by wire)를 통한 스티어링 휠 설치의 가변성이 요구된다. 그러나 조향장치의 전자적 오작동을 방지하기 위한 기계적인 조향축(Mechanical steering column shaft) 설치 의무화 규제¹⁷⁾가 적용되는 국가에서는 완전한 공간 자유도 확보는 곤란할 것으로 보인다.

3.2.2 차체 구조와 형태

차체 구조에서는 강성 확보에 대한 요구가 낮아짐에 따라 기둥 위치에 대한 설계 제약이 거의 사라져, 차체 전체의 외벽이 내력 구조를 가지지 않는 구조로 제작하는 것이 가능하게 된다.

이는 넓은 면적의 유리창 적용에 의한 그린하우스



Fig. 24 Irregular window areas of MB UBANETIC, 2018



Fig. 25 Wide glass area of Toyota e-Palette, 2018



Fig. 26 Wide glass area of Hyundai S-Link Shuttle, 2020



Fig. 27 Asymmetry structure of Citroen-skate mobility concept, 2022

(Greenhouse) 설계의 자유도 확대에 이어서 DLO (Daylight opening) 면적 증대가 가능하다. 이에 따라 기둥 배치와 윈도 그래픽(Window graphic) 자유도가 매우 높아져 넓은 면적의 측면 유리창, 또는 그물망이나 비대칭(Asymmetry) 차체 형태와 같은 창의 설치가 가능함을 볼 수 있다.

4. 모빌리티 차체 디자인과 커튼월

4.1 차체 구조와 공간 구성

3장에서 고찰한 여섯 종류의 모빌리티에서 보이는 공통적 특징은 평평한 형태의 전기동력 스케이틀보드 플랫폼을 기반으로 차체 구조는 강성 확보가 요구되지 않는 유형이라는 점을 볼 수 있다. 이에 따라 기존의 차량에서와 같은 엔진룸과 객실, 화물실 등으로 나누어지는 구조에서 벗어나 차체 전체가 플랫폼 위에 하나의 공간으로 구성된 특징¹⁶⁾을 볼 수 있다.

이들 모빌리티의 특징을 정리하면 Table 4와 같다. 기본적으로 모든 차량이 플랫폼 위에 차체를 올려놓은 구조임을 볼 수 있으며, 이미 완성된 솔리드 플랫폼(Solid flat form) 위에 제작된 차체는 강성 확보를 위한 요구가 적으므로 용도 별로 다양한 형태로 변화된다는 점이 특징적이다. 이는 커튼월구조에서 벽체는 내력벽의 역할을 하지 않는다는 것과의 유사성을 볼 수 있다.

Table 4 Analysis of mobility structures

Models	Flat form	Body
MB URBANETIC	Skate board	Irregular window graphics
Toyota e-Palette	Skate board	Wider glass area
Rivian	Skate board	Wider glass area
Bosch IoT Shuttle	Skate board	Wider glass area
S-Link Shuttle	Skate board	Wider glass area
Citroen Skate Mobility	Skate board	Asymmetry structure

4.2 커튼월구조 건축과 모빌리티 차체

4장 1절의 분석을 바탕으로 한다면 고찰 대상 모빌리티 대부분은 기본 구조에서 스케이트보드 플랫폼 위에 차체가 제작되는 구조로 되어 있으며, 이는 건축물의 관점에서 본다면 커튼월구조의 바탕이 되었던 르코르뷔제의 「뚝 이노 시스템」에서 채택한 기둥과 슬라브 구조, 그리고 여기에 비 내력벽이 결합된 커튼월구조의 벽체와 유사한 개념임을 볼 수 있다.

2장에서 논의했던 바와 같이 유리로 만들어진 커튼월은 벽체가 내력 구조를 가지지 않는다는 점이 특징이며, 그로 인해 건축물의 파사드가 개방성을 가진다는 것이었다. 이를 바탕으로 Table 5는 모빌리티 차체 조형에 이러한 개념을 적용하기 위한 구체적 콘셉트로서 내용을 비교한 것이다. 이들을 각각 파사드, 차체 구조, 그리고 재료의 관점에서 구분하면, 넓은 유리창 면적과 사각형 조형, 슬라브 개념의 플랫폼 구조, 그리고 글라스 패널이 주류를 이루는 마감재 등에서 공통점을 발견할 수 있다.

Table 5 Three steps of curtain wall structure architecture

	Facade	Structure	Materials
Curtain wall structure architecture	Wider glass area/cubic shapes	Pillars & slabs	Glass panels
Electrified mobility	Wider glass area/cubic shapes	Skate board flat form structure	Glass panels

4.3 커튼월구조 적용의 시사점

2장 3절과 4절에서 살펴본 건축물의 사례에서 커튼월구조의 특징 중 실내의 광선과 온도 관리의 난점을 볼 수 있었다. 이는 커튼월구조의 고안과 적용이 서유럽과 북미 지역 중 대체로 태양광에 대한 욕구가 높은 비교적 고위도 지역에서부터 시작되었으며, 대체로 공조장치를 갖춘 현대 건축물에서 사용되었다는 점을 발견할 수 있다.

Table 6 Implication matrix of concepts and structures of mobility body design

	Facade	Structure	Materials
Design concepts	Asymmetry body shape or window graphic exterior	Light & temperature management of interior	Glass panels or Sandwich metal panels
Structures	Wider glass area cabin	Pair glasses & reflective glass louvers	Glass panels

이러한 이유 등으로 우리나라에서 커튼월구조의 직접 적용에는 하절기 고온다습한 기후에서 실용성의 측면에서 논란이 되는 부분이 있었으며, 그 대안으로 단열 구조에 대한 고안의 적용을 살펴보았다.

Table 6은 각 개념과 그의 조합에 의한 조형적 시사점을 보여준다. 여기에서는 가장 주요한 커튼월구조의 시사점은 확대된 유리창 면적으로 인한 실내의 광선과 온도 관리에서 디자인 콘셉트와 구조의 설정에서 단열(斷熱) 기능을 가진 복층 유리의 적용과 차체 외부의 광선 반사 루버(Light reflecting louver)의 적용이 핵심이 될 것으로 보인다.

4.4 커튼월구조 차체의 적용

4장 2절과 3절에서 도출한 커튼월구조의 건축물의 특징으로부터 모빌리티 차체 디자인의 시사점을 바탕으로 디자인 콘셉트와 구조, 재료 등의 관점에서의 시도가 가능하다.

Fig. 28은 복층 유리 와 디스플레이 패널이 적용된 차체 형태를 보여준다. 복층 유리의 사용은 현재 건축물에서는 보편적이거나, 1990년대에 고급승용차에서 시도되었고, 현재는 PVC 필름 라미네이팅(Film laminating) 구조의 접합유리로 변화되었다. 따라서 여기에서 한 단계 더 나아가, 현재의 건축용 복층 유리 구조와 유사한 유리 사이의 공간에 습도를 낮춘 공기(Dehumidified air)를 주입하는 등의 적극적 공조 기능을 도입하는 구조의 검토도 필요할 것으로 보인다.

Fig. 29는 차체 형상에서 좌우 비대칭, 혹은 전후 비대칭 구조의 형태의 도출로, 이는 30/50으로 대표되는 도심지 속도제한의 환경에서 공기역학적 특성이 요구되지 않는다는 점 역시 함의를 가진다. 또한, 단열 구조에 대한 요구를 위해 복층 유리의 채택과 아울러 광선 반사용 루버의 적용을 검토할 수 있다. 차체 외부의 반사용 루버의 적용 범위, 그 기능과 구조 등은 차체 규모 등에 따라 추가의 검토가 필요할 것으로 보인다.

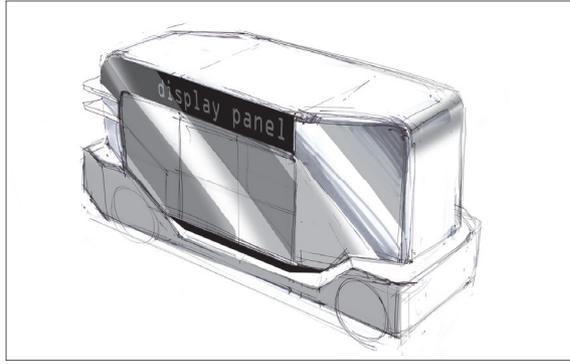


Fig. 28 Wider glass area cabin shape with pair glass and display panel structure concept

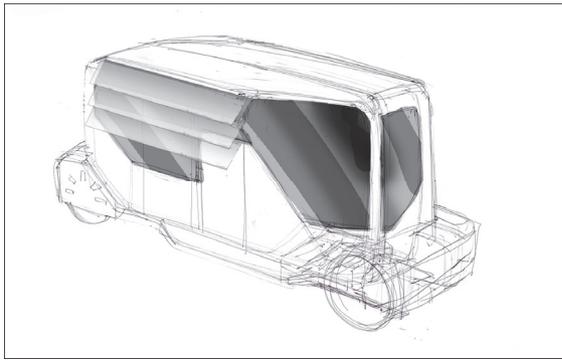


Fig. 29 Wider glass area cabin shape with outer reflective glass louvers in asymmetry structure

대체로 넓은 면적의 유리가 적용될 개연성이 크다는 점에서 실제의 양산 차량에서 넓은 면적의 글라스 파손 등에 의한 리콜 사례가 있었던 점 등은 커튼월구조의 실제 차량 적용에는 현실적인 사용 조건에서의 내구성과 파손 등의 가능성 역시 고려되어야 할 것으로 보인다. 또한, 커튼월 소재로 기존의 유리 이외에 고분자합성수지 박막 액정(Polymer Dispersed Liquid Crystal, PDLC) 등과 같은 신소재의 적용 등은 각각의 모빌리티의 개발 콘셉트에 따른 적용에 추가적 연구가 필요할 것으로 보인다.

5. 결론

지금까지의 고찰을 통해 본다면, 도심지용 전기동력 모빌리티는 플랫폼 기반의 차량 구조를 가지며, 이는 건축물의 커튼월구조와 상통하는 특징으로서 차체 구성과 공간의 확보가 가능할 것이라는 시사점을 발견할 수 있었다.

미래의 도심지에서 사용될 전기동력 된 모빌리티가 속도제한 환경에서 운행될 것이라는 점에서 공기역학적 요구보다는 각 탑승자의 다양한 요구와 개별성을 지향

하고 있다는 점에서, 승객 개인의 이동이나 기능적 필요에 대한 요구가 가장 큰 비중을 가진 변화요인이 될 것이며, 그에 상응한 내·외장 디자인 요소를 만들기 위한 콘셉트로서 커튼월구조에서 발견되는 특징은 디자인 조형에서 시사점을 제공할 수 있을 것으로 보인다.

이와 같은 디자인적 함의를 바탕으로 다양한 유형의 전동화 된 모빌리티와 목적 기반 차량이 생산되기 위해서는 각각의 용도나 콘셉트에 따른 디자인 조형을 바탕으로 구체화를 위한 추가적인 연구가 요구된다.

후 기

본 연구는 2022년 홍익대학교 학술연구비 지원으로 연구되었습니다.

References

- 1) S. Koo, "An Observation on Purpose Built Vehicle(PBV) Design Factors in a Mobility Service System," Transactions of KSAE, Vol.28, No.12, pp.865-874, 2020.
- 2) E. R. Ford, "The Details of Modern Architecture," Vol.2, The MIT. PRESS, p.43, 2003.
- 3) A. M. Menari, Curtain Wall Systems: A Primer, Architectural Engineering Institute. Committee on Curtain Wall Systems, American Society of Civil Engineers, 2013.
- 4) Le Corbusier-Elemente Einer Synthese, Stainislaus von Moos, Kimundang, Seoul, pp.32-33, 1999.
- 5) Mies van der Rohe Dies at 83; Leader of Modern Architecture, The New York Times, August 17, 1969. Retrieved July 21, 2007. Mies van der Rohe, one of the great figures of 20th-century architecture, died in Wesley Memorial Hospital here late last night. He was 83 years old, <https://www.nytimes.com/section/learning>, 2022.5.13.
- 6) S. Murray, Contemporary Curtain Wall Architecture, Princeton Architecture Press, New York, pp.11-12, 2009.
- 7) Curtain Wall, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/curtain-wall>, 2022.
- 8) Curtain Wall Structure for Ultra High Building, <https://samsungblueprint.tistory.com/1062>, 2017.3.28.
- 9) M. J. Crosbie, Curtain Walls: Recent Developments by Cesar Pelli & Associates, Birkhäuser, pp.40-43, 2005.
- 10) Curtain-walling-advantages-and-disadvantages-of-this-system, <https://www.huxleyandco.co.uk>, 2022.
- 11) Vision Urbanetic, retrieved from <https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/transporter/vision-urbanetic>

- the-mobility-of-the-future/2018 Oct. 18, 2022.
- 12) Toyota E-palette is the Vehicle at the Heart of a New Mobility, 2018/04/22, <https://www.torque.com.sg/features/toyota-e-palette-is-the-vehicle-at-the-heart-of-a-new-mobility-ecosystem>, 2022.
 - 13) These Concepts Say Toyota Has Mobility Figured Out, 2019/11/06, <https://www.motortrend.com/news/these-concepts-say-toyota-has-mobility-figured-out>, 2022.
 - 14) Electrek News, <https://electrek.co/2019/09/19/rivian-electric-van-picture/>, 2022.
 - 15) Bosch Unveiled New Concept, IoT umanned Elctric Shuttle, <http://www.aitimes.kr>, 2022.2.15.
 - 16) GM Hy-Wire Concept, Retrieved from <https://www.supercars.net/blog/gm-hy-wire-concep>, 2016.1.13.
 - 17) Mymotorwheels, <https://mymotorwheels.wordpress.com/2017/02/10/have-you-ever-wondered-what-is-drive-by-wire-or-x-by-wire/>, 2022.