

ピエル・ルイジ・ネルヴィの フェロセメント建築群に関する建築論的研究

木村 智 立命館大学デザイン・アート学部

1. はじめに

フェロセメント (Ferro Cemento、以下F.C.) という建築材料に活路を見出したピエル・ルイジ・ネルヴィは第二次世界大戦終戦以降、建築に利用し始めている。それは後に「ネルヴィ・システム」として戦後のネルヴィの代表作に位置付けられていった。特に、F.C. 製の天井部分を持つローマの小体育館は、近年改修されて利用されている。また、トリノの労働会館については、改修して再利用する計画は発表されているが、実施されていない状況もある。さらに、トリノの展示館については、展示場Cホールの天井面にフェロセメン斯拉ブが使用されているが、主展示場にスラブが増設されるなどの改修の実施が進んでいる。社会的な役割を終えて、解体されることが多いが、ネルヴィ作品群の中でF.C. を利用されたものについては、建物全体が残されている。その価値を見出していくことが今後必要であるのではないか。

一方で、F.C. 関連の作品についての建築史上の記述は、K. フランプトンの『テクトニック・カルチャー』に見出せる。フラットスラブ工法が使われたガッティ毛織物工場を、ウジェーヌ・エマニュエル・ヴィオレ・ル・デュクとアナトール・ド・ボドーの継承作品として取り上げている^①。重要な素材であることがわかるが、それらの作品群が個別に紹介されることはあっても、その全体像を捉えることは現状できていない。本研究では、ネルヴィの戦後の作品群におけるF.C. 作品に着目をして、その建築史的・構築文化的位置付けを試みる。

他の研究者によるネルヴィのフェロセメント作品に着目した研究としては4名のものが挙げられるが、それぞれ個別の事例紹介に留まっている。まず、C. グレコの著書においては、フェロセメント製の船から、トリノの博覧会・展示館(～1948)までを研究対象としている。ローマの倉庫として、フェロセメントが最初期に使われているネルヴィの事例がまとめられている。さらに、グレコによるその他の重要な研究として、特許資料を研究対象としたものもある^②。続いて、A. ボローニャは、ネルヴィの業績の通史をまとめている。その中でフェロセメントについて1章分を設けて論じており、その素材を通じて、ネルヴィにどのような設計理念があったのかについて論じている^③。より詳細な研究として、G. ネリの研究がある。その中では、ミラノの見本市のためのパビリオ

① Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, The MIT Press, 2001.

② Claudio Greco, *PIER LUIGI NERVI: Dai primi brevetti al Palazzo delle Esposizioni di Torino 1917-1948*, Quart Edizioni Lucerna, 2008.

③ Roberto Gargiani and Alberto Bologna, *The rhetoric of Pier Luigi Nervi concrete and ferrocement forms*, EPFL Press, 2016.

④ Gabriele Neri, *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*, Silvana, 2014.

⑤ Pasqualino Solomita, *Pier Luigi Nervi vaulted architecture: Towards new structure*, Bononia University Press, 2015.

⑥ 拙稿「ピエール・ルイジ・ネルヴィのフェロセメント建築について その2」, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), pp.535-536, 2013.8.

ンの耐震診断を行い、その構造的特徴を検証して、この素材の利点を整理している^④。さらに、F.C. 利用の分類項目の一つに特化した P. ソロミタの研究がある。ネルヴィの作品歴の中で、アーチ・ヴォールトを用いた屋根の作品群の発展史を記述している^⑤。

続いて、著者のこれまでの研究について述べる。ネルヴィの著書『建築の美と技術』に記載の作品群におけるフェロセメント製の作品の調査を行なった

表1の11作品について、F.C. の使用箇所を特定して、それを①「躯体全体」、②「屋根」、③「片持ち梁のように利用範囲を一部に限定する」という3つに分類している。そして、F.C. 製のフラットスラブについて、グリッドからスラブ内の主応力線の表現に変わっていくことを指摘した^⑥。さらには、倉庫や展示会場の建設において、キノコ型の構成の柱とフラットスラブの構成が完成したことを明らかにしている。

表1 F.C.の作品リスト

竣工年	施工会社	建築作品	フェロセメント使用箇所			分類
			躯体	屋根	型枠	
1943	ネルヴィ & バルトリ社	帆船イレネ	●			(1)
1945		ローマの倉庫	●	●		(1)
1947		海軍兵学校のためのプール		●		(2)
1948		帆船ネンネーレ	●			(1)
1949		トリノ博覧会・主展示館		●	●	(2)
1950		トリノ博覧会・Cホール		●		(2)
1952		ボローニャのタバコ工場			●	(3)
1953		ミラノの見本市		●		(2)
1953		ガッティの毛織物工場			●	(3)
1959		フラミニオ競技場		●		(2)
1961		トリノ労働会館			●	(3)

出典：筆者作成

2. 研究の目的、方法、対象

この研究では、F.C. が戦後どのように使われていったのか、その使用箇所、役割に着目しながら、特に屋根形状の観点からその系譜を構成することを目的とする。また、F.C. は労働賃金が比較的に安く済むイタリアの状況下で成立する技術である。そのため、一種のヴァナキュラー性を持ち得ており、イタリア独自の技術であるので、その意義を考察する。

そうした目的を明らかにするために取る研究方法は以下の通りである。一つはネルヴィが著者となっている著書や作品集にまとめられた作品リストを見直すことである。次に、ネルヴィに関する既往研究も対象とし、F.C. 製の作品がどれだけあるかの確認を行う。最後に、計画案の図面をモデリングして、検討案と実施案の構造的な解析を行う。比較により、なぜ実施案が採用された

のかについて考察を行う。こうした手順を建築的リバーズエンジニアリングと呼んでいる。研究対象としては、ネルヴィの著書『正しく建てる(*Costruire Correttamente*、以下CCと表記)』に掲載されている作品の図版と⁷⁾、C. グレコの作品リストの中で、F.C. が使われているものとした。それらをまとめて、表2を作成している。

7) Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (2nd).

表2 F.C.製の作品リスト

竣工年	建築名	フェロセメント使用箇所			分類	備考
		躯体	屋根	型枠		
1943	Motoveliero <Irene> モーター船・イレーネ	●			I	X
1945	Capannone in FC per uso Magazzino ローマの倉庫	●	●		I	XII, XIII (Fig.2)
1947	Piscina dell'Accademia Navale di Livorno 海軍兵のためのプール		●		II	XV
1947	La Fiera di Milano ミラノの見本市		●		II	XXXVIII
1948	Ketch da diporto "Nennele" 帆船・ネンネーレ	●			I	XI
1949	Salone principale di Torino-Esposizioni トリノ博覧会・主展示館		●	●	II	XIV, XXII-XXIX
1949 -50	Salone C di Torino-Esposizioni トリノ博覧会・ホールC		●	●	II	XIII(Fig.2), XXX, XXXI
1949	Manifattura Tabacchi di Boligna ボローニャのタバコ工場		●	●	III	XL, XLI, XLII
1950	Rotonda per ristorante レストランのための円形ホール			●	II	XXXII, XXXIII
1951	Magazzini per sale in Tortona トルトナの塩倉庫			●	IIIv	XXXIV
1951	Lanificio Gatti(Salone tessitura - L.32m) ガッティの毛織物工場(勾配天井)		●	●	III	XXXVI
1953	Palazzo dello Sport di Vienna ヴィエナの体育館		●		IIIId	LXIV ~ LXIX (7枚)
1953	La Fiera di Milano ミラノの見本市		●		II	XVI, XVII
1953	Lanificio Gatti in Roma ガッティの毛織物工場			●	IIIIf	XLIII, XLIV, XLV
1956	Palazzetto dello Sport, Roma ローマの小体育館		●	●	IIIId	XC ~ XCVIII (9枚)
1959	Stadio Framinio フラミニオ競技場		●		IIIc	IC ~ CXI (12枚)
1960	Palazzo dello Sport, Roma (EUR) エウルの大体育館		●		IIIId	CXII-CXXVI (15枚)
1961	Palazzo del Lavoro, Torino トリノ労働会館		●	●	IIIIf	CXLII-CLII (10枚)
1966	Aula delle Udienze, Città del Vaticano ローマ法皇謁見ホール		●		IIIIf IIIv	※ C.Greco, p.280

出典：筆者作成

※ 備考の英数字は『正しく建てる』の中の図番号を記載している。

※ 1966年の作品は、『正しく建てる』に未記載だが、C. グレコの著書の中で作品リストに挙がっている。

※ 分類(I)とは、建造物の躯体(柱・壁)に利用されたもの(建築以外も含む)のことである。

※ 分類(II)とは、建築の屋根を構成する部材として利用されたもののことである。

※ 分類(III)とは、屋根や床スラブなどを打設するための型枠として利用したもので、そのまま一体となって屋根面、天井面を構成するもののことである。

※ 分類のIIIの後の小文字はそれぞれ、c: 片持ち梁, d: ドーム, f: フラットスラブ, v: ヴォールトを意味する。

3. F.C. 作品について

ネルヴィは第二次世界大戦後に主にF.C.を作品に活用している。戦前は未実施のプロジェクトとして計画しただけで実施には至っていない。この章では、のちにネルヴィがF.C.を用いて建設した作品を取り上げるが、まずは、F.C.とはこういった材料なのかの確認を行う。CCの中では、F.C.が「重なり合った金属網のセットとセメントモルタルとを固めること」で製作されるという説明がなされている^⑧。まずは、建築にではなく船という構築物に使われているが、そうしたF.C.の導入期の事例を見てみよう。

⑧ Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (2nd), p.29.

3-1. フェロセメント導入期

ネルヴィは戦後直後にフェロセメント導入期として、その建設素材を船の本体に用いている。もしくは、建築物の柱、壁、屋根といった躯体に利用している。船の制作は2例ありイレーネとネンネーレである。また、躯体利用は、ローマの倉庫の1例であった。躯体の利用以降では、柱・壁ではなく、屋根を構成するために利用される。さらに、屋根を構成するための型枠として利用され、現場打ちコンクリートと併用して、混構造としての屋根が形成されていった。ここからは、屋根・天井面の構成方法をアーチヴォールト、ドーム、片持ち梁、フラットスラブという4つに分け、その形式ごとに特徴を述べていく。

3-2. アーチヴォールト

この使い方は、大屋根を構成する事例として、最初期から検討されていたものである。1945年のローマの倉庫における屋根にもこの形式が使われている(図1)。さらに、1947年の海軍兵学校のためのプールでは、半円形状のアーチ

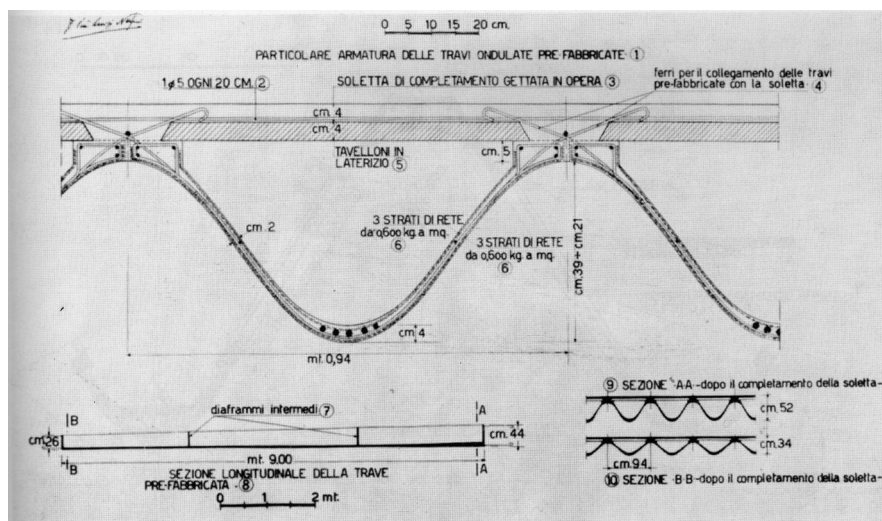


図1

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).

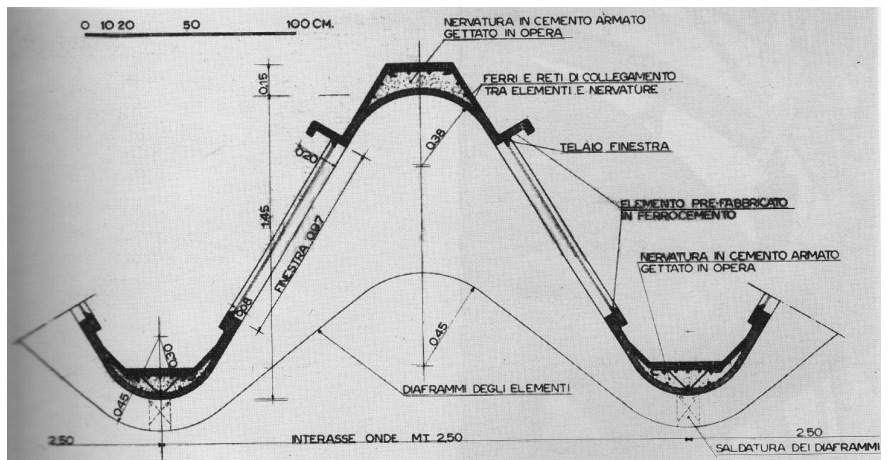


図 2

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).

ヴォールト天井が構成されている。さらに、トリノ博覧会・主展示館(1949)では、小分けにしたF.C.製の部材を複数並べることで、一体となる屋根面を構成する方法がとられている(図2)。さらに、この形式の集大成としては、ローマ法皇謁見ホール(1966)がある。謁見用のホールの全体がアーチヴォールトで構成されている。

3-3. ドーム

続いて、レストランのための円形ホール(1950)のようなドーム建築にフェロセメントが使われた事例を参照する。この事例では、直径18.8m程のリブ付きの天井面が構成されている。ただし、著書の中にはフェロセメントの記述がなく、不確定な状況であるけれども、この頃のドーム建築にフェロセメントが導入されていたと推察される。次に、ローマの小体育館(1956)がある。そのドームの直径は60mで、複雑なリブが天井面に構成されている。そして、エウルの大体育館(1960)も建設されるが、この事例では、直径130mの天井面が構成されている。小体育館よりも大きな範囲を屋根が覆っている。

3-4. 片持ち梁

大屋根を作る際に片持ち梁を平行に並べていく形式もあった。ネルヴィにおけるフェロセメント製の片持ち梁の大屋根の最初期の事例として、1953年のミラノの見本市のパビリオンがある(図3)。張り出し部分の長さは、 $6.0\text{m} - 1.8\text{m} = 4.2\text{m}$ であった。また、1959年に竣工したフラミニオ競技場もある。それは片持ち梁の張り出し部分の長さが14.54mとなっており、ミラノの見本市の事例よりも10m以上も大きくなっている。

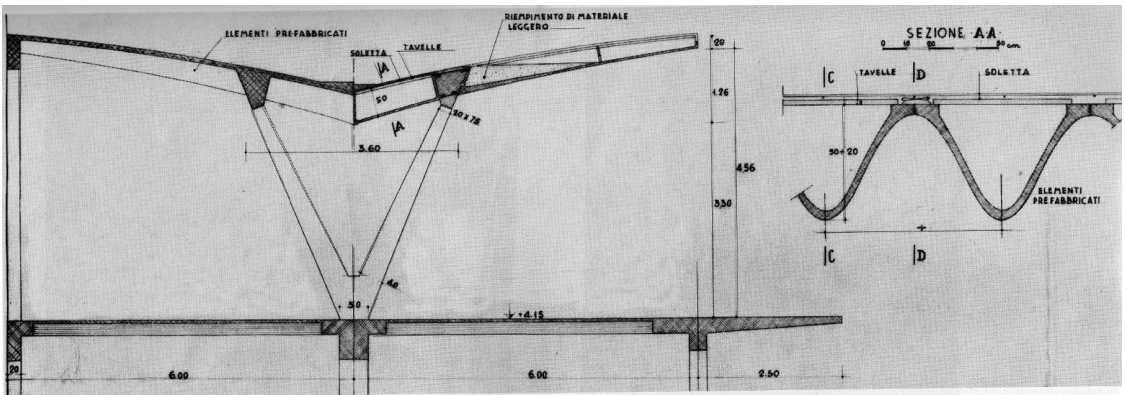


図3

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).



図4

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).

3-5. フラットスラブ

ボローニャのタバコ工場は、1952年に竣工したもので、フェロセメントが型枠として利用された初期事例である。この事例の天井面については、図4のように施工されている。ロの字で区分されており、天井面の各縁にあたる部分においては梁幅が太くなっており、曲げモーメントに配慮する意図がみられた。格子状にリブが設けられており、大梁と小梁の区別もないが、柱や梁に接続する部分のリブ幅は大きくなっている。

次に、1953年竣工のガッティの毛織物工場では、この竣工案の前にリブの模様の検討がなされる。この作品を検討するために、図5のような天井面に生じる等応力線が描かれた。格子状の梁の間に曲線が描かれている(図5)。最終的には、直線状の梁が弱められて円形の梁型に変換されている。また、柱間を

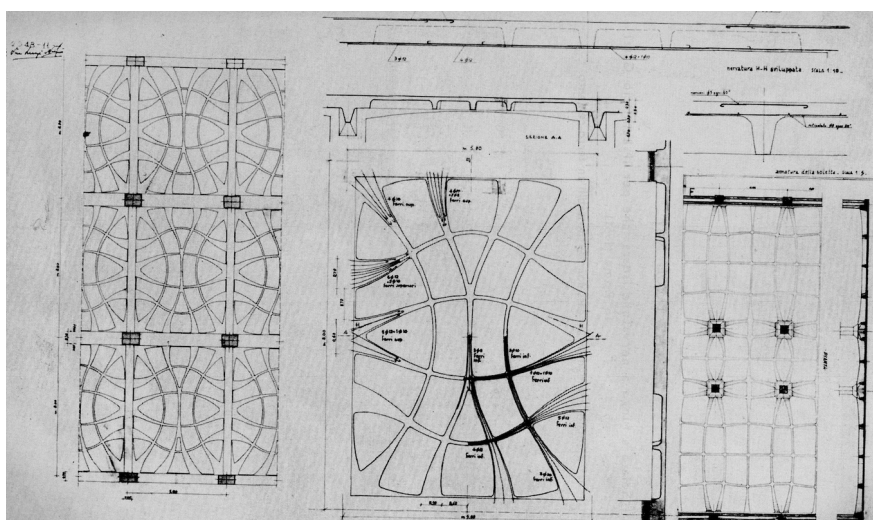


図 5

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ad ampliata).

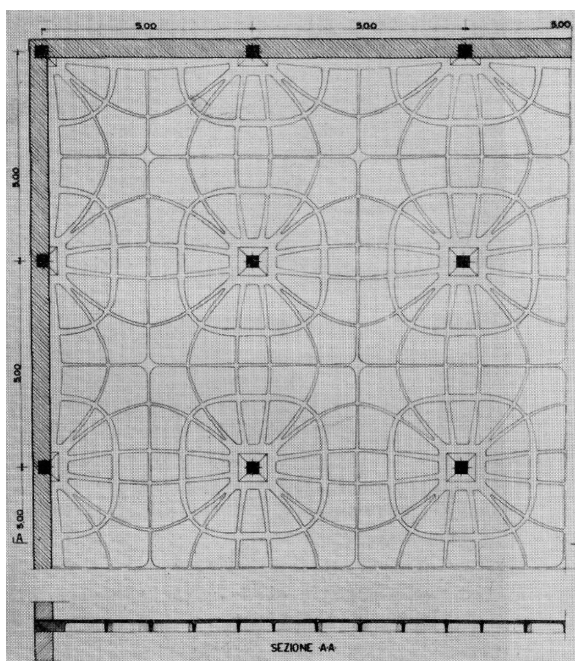


図 6

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ad ampliata).

延びる放射状の梁型もみられた(図6)。

次に、エウルの大体育館(1960)では、ホワイエ部分にリブ付きのフラットスラブが設けられている(図7)。さらに、トリノ労働会館(1961)という作品では一階の展示スペースにフェロセメント型枠を用いた梁型天井が採用されている。ガッティの事例と比較すると、直行ではなく斜行する直線状の梁型がみられる。大きな展示空間を覆うためや二階床スラブの自重を支えるためにより安定した抵抗力が求められた結果として、斜格子梁が必要となった(図8)。さ

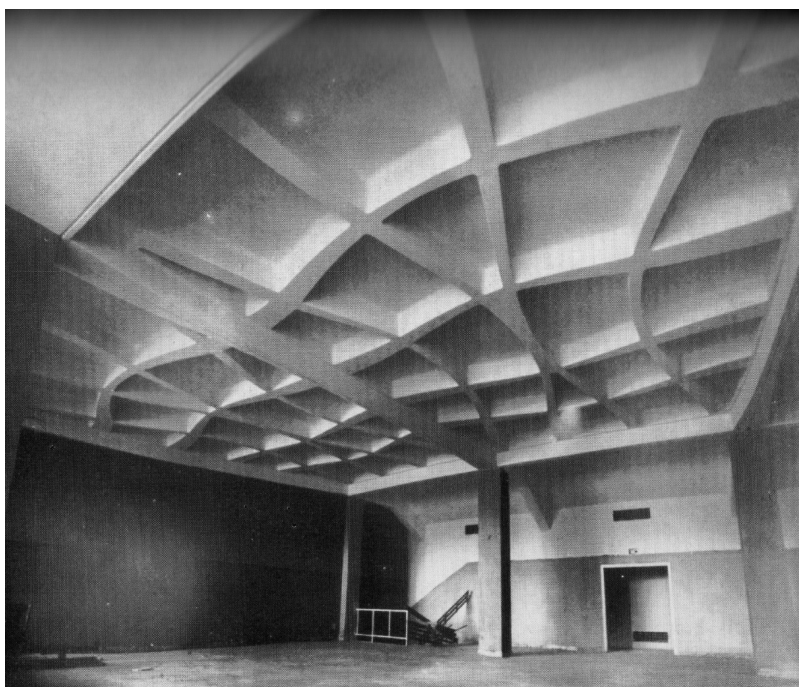


图7

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).

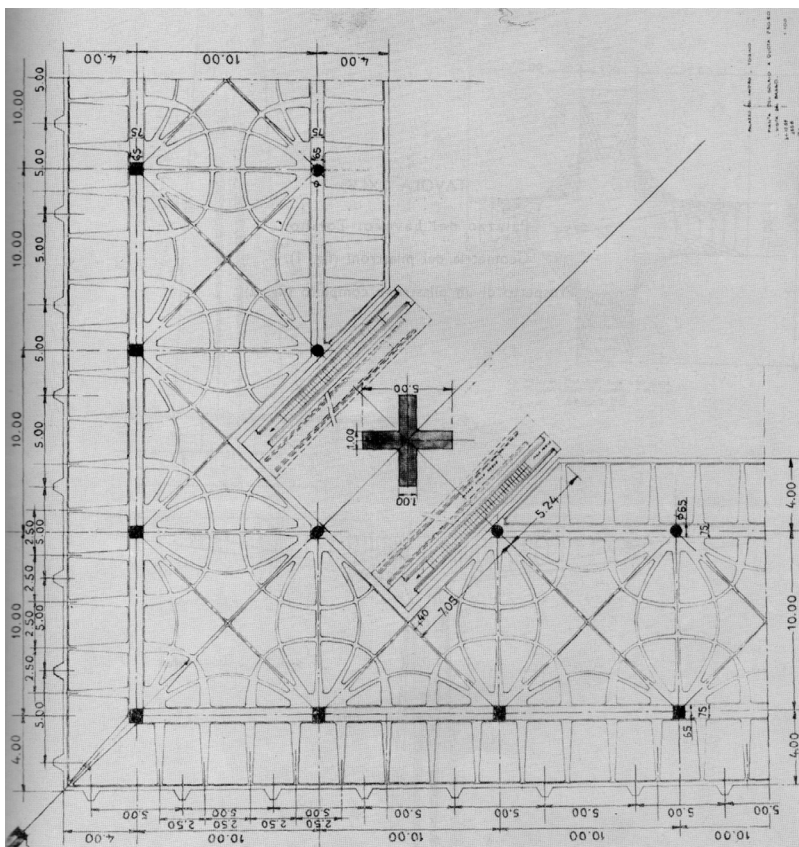


图8

出典：Pier Luigi Nervi, *Costruire Correttamente*, Hoepli. 1965, 2010 (Seconda edizione riveduta ed ampliata).

らに、エントランスホールにおいても特異な梁天井が見られた。エントランスホールの天井や2階スラブがある外周部の1階の天井部は、リブ付きのスラブになっている。最晩年のネルヴィの作品の中に、ローマ法皇謁見ホール(1966)という事例もある。ホールの全体がアーチヴォールトとなり、ステージ上部にリブ付きのフラットスラブ形式にて天井面が構成されている。

4. まとめ

戦後のネルヴィの作品の中で、屋根を構成するためにフェロセメントを利用したものは、①アーチヴォールト、②ドーム、③片持ち梁、④フラットスラブという4種類に分けられることを確認した。その中で、フラットスラブについては、実施案以外にも別の形態が示された案が検討されていた。スラブの部材内の応力をそのままリブにして表現する方法から、構造的に合理的な形のリブに変更されている。