


# Funicular Floor Design

**Doctoral Thesis****Author(s):**

Ranaudo, Francesco 

**Publication date:**

2023

**Permanent link:**

<https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000652096>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

**Funding acknowledgement:**

- NCCR Digital Fabrication ()

Diss. ETH No. 29610

# Funicular Floor Design

*A thesis submitted to attain the degree of*

Doctor Of Sciences  
(Dr. sc. ETH Zurich)

*presented by*

**Francesco Ranaudo**

M.Sc. in Building Engineering-Architecture  
University of Naples Federico II

II Level Master degree in Emerging Technologies for Construction  
University of Naples Federico II

born on 12.08.1986

*Accepted on the recommendation of*

Prof. Dr. Philippe Block  
Dr. Tom Van Mele  
Hon. D.Sc. William Frazier Baker

2023

# Abstract

This dissertation investigates the design of funicular floors, with attention to their role in the building system, compliance with structural building codes and construction requirements. It derives its motivation from the need to develop more sustainable structural solutions to decrease the environmental impact of the construction industry, and aims to provide a valid alternative to traditional floor systems.

The objectives of this research are to define methods and tools for the design of funicular floors, to scale this system to real building applications, and to explore its potential impact in the construction industry. This is achieved through the extensions of currently available form finding methods and analysis tools as well as the design and fabrication of real scale demonstrators.

The first part of this dissertation introduces the funicular floor system, highlighting its benefits and limitations, and defines the open questions that prevent it from being a viable alternative to well-established slab systems.

Part II systematically addresses the design of a funicular floor. It provides methods and procedures for addressing functional issues beyond the structural support of the building occupancy, such as fire, vibrations, acoustics, redundancy, ductility and diaphragm action.

Finally, Part III presents several full-scale funicular floor applications and analyses how this technology could potentially impact the construction industry.

**Keywords:** Funicular design, floor systems, computation design, TNA, concrete, discrete elements analysis, finite elements analysis.



# Sommario

Questa dissertazione indaga la progettazione di solai funicolari, con attenzione al loro ruolo nel sistema edilizio, alla conformità con i codici edilizi strutturali e ai requisiti di costruzione. La sua motivazione deriva dalla necessità di sviluppare soluzioni strutturali più sostenibili per diminuire l'impatto ambientale dell'industria delle costruzioni e mira a fornire un'alternativa valida ai solai strutturali tradizionali.

Questa ricerca si propone definire metodi e strumenti per la progettazione di solai funicolari, di adattare questo sistema ad applicazioni edilizie reali, e di esplorare il suo potenziale impatto nell'industria delle costruzioni. Ciò viene realizzato attraverso l'estensione dei metodi di form-finding e degli strumenti di analisi attualmente disponibili, nonché tramite la progettazione e la realizzazione di solai funicolari in scala reale.

La prima parte di questa tesi introduce i solai funicolari, evidenziandone i benefici e le limitazioni, e definisce le problematiche che ne impediscono l'applicazione in strutture reali.

La seconda parte affronta sistematicamente la progettazione di un solaio funicolare. Fornisce metodi e procedure per affrontare il loro progetto oltre al solo supporto strutturale, come ad esempio il fuoco, le vibrazioni, l'acustica, la ridondanza, la duttilità e l'azione a diaframma.

Infine, la terza parte presenta diverse applicazioni di solai funicolari in scala reale e analizza come questa tecnologia possa potenzialmente impattare l'industria delle costruzioni.

**Keywords:** Progettazione funicolare, sistemi di solai, progettazione computazionale, TNA, calcestruzzo, analisi agli elementi discreti, analisi agli elementi finiti.