POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Procedures and Methodologies to Assembly and Mounting the constructive system called “Panel for Building”

Original
Procedures and Methodologies to Assembly and Mounting the constructive system called “Panel for Building” / Caldera, Carlo; Gianfreda, Fabrizio; Manzone, Fabio; Troiano, Domenico. - In: TEMA. - ISSN 2421-4574. - ELETTRONICO. - 3:1(2017), pp. 65-75.

Availability:
This version is available at: 11583/2707930 since: 2018-05-21T17:19:16Z

Publisher:
ArTec Editor, Ancona

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

29 June 2026

TEMA

Technologies
Engineering
Materials
Architecture

Journal Director R. Gulli

e-ISSN 2421-4574
Vol. 3, No. 1 (2017)

Issue edited by Editor in Chief M. D'Orazio

Cover illustration V. Porcari

Editorial staff
Cover design: C. Mazzoli
Journal Manager: D. Prati

TEMA
Technologies
Engineering
Materials
Architecture
Vol. 3, No. 1 (2017)

Procedures and Methodologies to Assembly and Mounting the constructive system called "Panel for Building"

Carlo Caldera, Fabrizio Gianfreda, Fabio Manzone*,
Domenico Troiano

Highlights

The focus of the research is to engineer a new constructive system called "Panel for Building". The new system is based on a load-bearing panel like the xlam technology, but in this case, the structural section consists in a steel frame. Other layers of the system help improve overall performance. Panel for Building allows house with high-energy performance at low cost, and high assembling speed in the factory and on site. This new constructive system can be used for the construction of residential and tertiary buildings with excellent energy performance.

Abstract

The paper describes the progress of the research that was introduced in a previous article titled "Panel for Building: a new typology of platform frame". In this phase of the research, the goal is to define the best technological solution for the assembly of the individual layers of the panel, concentrating in particular on the structural section. In parallel with the previous objective, the research analyzes the construction of Panel for Building on site, with reference to the foundation node and the connections between the panels.

Keywords

Panel for Building, Mounting, Assembly, Steel frame

1. INTRODUCTION

The following contribution describes the developments in the Panel for Building research, focusing on the panel manufacturing and mounting ergonomic aspects.

The aim is to identify the best process for assembling individual layers of the panels in the production phase and to define the connection systems to be used during site mounting.

The analysis of the connection systems is a fundamental step in the design of dry constructions.

To build homes with prefabricated panels, the connections must be dimensioned with more accuracy to ensure uniform structural behavior ("box" structural behavior) [1].

Carlo Caldera
DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, 10128, Italia

Fabrizio Gianfreda
DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, 10128, Italia

Fabio Manzone
DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, 10128, Italia

Domenico Troiano
DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, 10128, Italia

* *Corresponding author*
Tel.: +39-011-0905307;
e-mail: fabio.manzone@polito.it

2. STATE OF ART

The study and design of the assembling and assembly system starts with the definition of panel composition [2,3,4]. The system analyzed in the previous phase of the research has allowed obtaining an integrated system, which carries both the structural and the involute role. In this way, you can quickly locate the stratigraphy, the individual components that play the different roles. In detail, the panel can be divided into three sections: a structural section, external counterwall and internal counterwall.

The structural section represents the core of the panel, in fact, is disposed in central position with respect to the two other section. Its primary function is to resist the vertical loads and the horizontal stresses acting on the building, with a structural scheme defined in load-bearing panels. From the first analysis, considering a Single Family building with two floors in a low seismicity zone, has been defined a frame width of 256 mm. The steel frame is composed of two main elements: vertical uprights and horizontal guides. The uprights are U profiles with a width of 250 mm and thickness of 3 mm, and they can have a different wing length (50 or 90 mm) depending on the position inside the panel. These are normally disposed at a distance of 60 cm from each other, except at special points (presence of openings, intersections of walls) where they can be placed at shorter distance. A particularity of the uprights is the presence of a series of holes made on the core of the profile, which allow reducing the transmittance of about 20% with respect to a full section profile. This feature is indispensable for improving the global behavior of the panel from the thermal point of view.

The guide is made with the same type of upright profile, but with a core width of 256 mm and a wing height of 90 mm. The guides are two one upper and one lower, in such a way as to enclose the uprights and create a single frame. From the structural point of view the uprights transfer the vertical loads, while the guides ensure a homogeneous distribution of the stress over that a homogeneous behavior of all the individual uprights.

The structural section is completed by two plaster fiber plates with a thickness of 18 mm that are applied on the two sides of the steel frame acting as braces. The thickness was determined by considering the actions (wind and earthquake) that can act on a building such as that described previously. The function of the plates has to react to horizontal forces, transferring the shear stresses to the foundation. To improve further the thermal behavior of the panel has been inserted between uprights an mineral wool insulating layer with a thickness of 250 mm with two different densities, to improve also the

1. INTRODUZIONE

Il contributo seguente descrive gli sviluppi della ricerca sul Pannello per l'Edilizia, focalizzando l'attenzione sugli aspetti ergotecnici di produzione e montaggio del pannello. L'obiettivo è individuare la migliore procedura per l'assemblaggio dei singoli componenti del pannello in fase di produzione e definire i sistemi di connessione da utilizzare durante il montaggio in cantiere. L'analisi dei sistemi di connessione è una fase fondamentale nella progettazione delle costruzioni a secco. Per costruire edifici con pannelli prefabbricati occorre che i collegamenti siano adeguatamente dimensionati, in modo tale da garantire un comportamento strutturale uniforme (comportamento strutturale a "scatola") [1].

2. STATO DELL'ARTE

Lo studio e la progettazione del sistema di assemblaggio e di montaggio partono dalla definizione della composizione del pannello [2,3,4]. Il sistema analizzato nella precedente fase della ricerca ha permesso di ottenere un sistema integrato, in grado di ottemperare sia al ruolo strutturale che di involucro. In questo modo è possibile individuare in maniera immediata, all'interno della stratigrafia, i singoli componenti che svolgono le diverse ruoli. In dettaglio il pannello può essere suddiviso in tre sezioni: sezione strutturale, controparete esterna e controparete interna.

La sezione strutturale rappresenta il core del pannello, per questo è collocata in posizione centrale rispetto alle altre due sezioni. La sua funzione principale è quella di resistere ai carichi verticali e agli sforzi orizzontali agenti sull'edificio, con uno schema strutturale tipico dei pannelli portanti. Dalle prime analisi svolte, considerando un edificio monofamiliare a due piani sito in una zona a bassa sismicità, è stato definito una larghezza del telaio in acciaio di 256 mm. Il telaio in acciaio è composto da due elementi principali: montanti verticali e guide orizzontali. I montanti sono profili di tipo ad U con larghezza di 250 mm e spessore di 3 mm e possono avere una lunghezza d'ala differente (50 o 90 mm) a seconda della posizione all'interno del pannello. Questi sono disposti normalmente ad una distanza di 60 cm l'uno dall'altro, salvo in punti particolari (presenza di aperture, intersezioni di pareti, ecc.) dove possono essere collocati a distanza minore.

Una particolarità dei montanti è la presenza di una serie di fori praticati sull'anima del profilo che permettono di ridurre la trasmittanza di circa il 20% rispetto ad un profilo con sezione piena. Questa caratteristica risulta indispensabile per migliorare il comportamento globale del pannello dal punto di vista termico.

La guida orizzontale è realizzata con la stessa tipologia di profilo, ma con una larghezza d'anima di 256 mm e una altezza d'ala di 90 mm. Le guide sono due, una superiore ed una inferiore in modo tale da racchiudere i montanti e creare un telaio unico. Dal punto di vista strutturale i montanti trasferiscono i carichi verticali, mentre le guide garantiscono una distribuzione omogenea degli sforzi, acoustic behavior.

The external counterwall has the function of isolating the panel and subsequently the building, it creates an external coat and a different surface of finish from that of the structural section, that protecting it from the weather. It consists of three elements: wood autoclaved strips with square section 50x50 mm anchored to the plaster fiber panel; wood fiber insulating layer with a thickness of 50 mm interposed between the strips; cement-based plate with a thickness of 12.5 mm anchored to the strip to close the external counterwall.

The internal counterwall has two functions: it creates a space plant and increase the overall wall insulation. It's composed of four different elements: plasterboard sheet with brake steamed with 12.7 mm thick anchored directly on the gypsum fiber slab; plasterboard steel profiles with C-section of width from 50 mm; mineral wool insulation panel with a thickness of 50 mm inserted between the steel profiles; two plasterboard plates of high density each with a thickness of 12.5 mm anchored to steel profiles. The double slab creates a robust and resistant inner surface, as well as attenuate the transmission of sound and improving the overall comfort.

oltre che un comportamento omogeneo di tutti i singoli montanti.

La sezione strutturale è completata da due lastre in fibrogesso di spessore di 18 mm che vengono applicate sui due lati del telaio in acciaio con il ruolo di controventi. Lo spessore è stato determinato considerando le azioni (vento e sisma) che possono agire su un edificio come quello descritto in precedenza. La funzione delle lastre è di reagire alle forze orizzontali, trasferendo gli sforzi di taglio alla fondazione. Per migliorare ulteriormente il comportamento termico del pannello è stato inserito tra i montanti uno strato isolante in lana minerale dello spessore di 250 mm con due densità differenti, in modo da migliorare anche il comportamento acustico.

La controparete esterna svolge la funzione di isolare il pannello e successivamente l'edificio creando un cappotto esterno, inoltre fornisce una superficie esterna diversa da quella della sezione portante. Si compone di tre elementi: listelli di legno autoclavato di sezione quadrata 50x50 mm ancorati al pannello di fibrogesso; isolante in fibra di legno di spessore 50 mm interposto tra i listelli; lastra a base cementizia di spessore 12,5 mm ancorata ai listelli per chiudere la controparete esterna.

La controparete interna svolge una doppia funzione: crea un vano impianti e aumenta l'isolamento globale della parete. Si compone di quattro elementi differenti: lastra in cartongesso con freno al vapore di spessore 12,7 mm ancorata direttamente sul pannello in fibra di gesso; profili a C da cartongesso in acciaio di larghezza 50 mm; pannello isolante in lana minerale di spessore 50 mm inserito tra i profili di acciaio; due lastre di cartongesso ad alta densità ognuna dello spessore di 12,5 mm ancorate ai profili da cartongesso. La doppia lastra interna permette di creare una

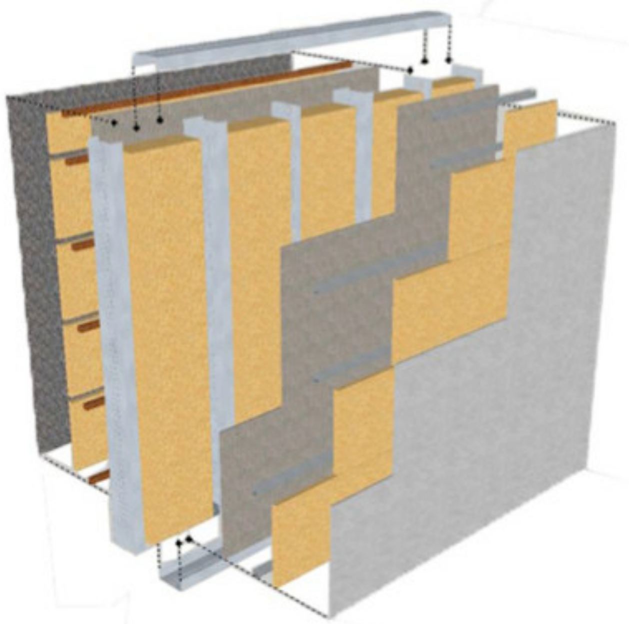


Figure 1. Explosion model of Panel for Building.

3. ASSEMBLY TECHNOLOGY

After the definition of the stratigraphy of the panel, the research has focused on the definition of the individual components assembly technology. The goal is to define what the machinery, the equipment and which steps are required to get the Panel for Building in its final configuration, in order to obtain in a simple and fast-standardized assembly process [5,6,7,8].

3.1. ANALYSIS OF ASSEMBLY SYSTEMS

The first step to define the best procedures for the assembly is to study what technologies are used to realize similar structures. The technology more similar to the subject of the research system is the “Steel Frame” construction. The buildings are made of bearing steel frames composed of uprights, guides, horizontal brackets for the control of the instability and traditional systems of upwind to react to horizontal stress. The frames are assembled in the factory through the manual joining of the individual profiles by means of connecting plates or rivets by different operators, or using a computerized process and mechanical robots.

Subsequently the panels are loaded on a truck and transported to the site where they are mounted directly in the final position. The individual profiles are placed on large works tables where two operators positioned at opposite sides of the panel connect the ends of profiles to the guide. In this process is advantageous lightness of the frame that allows easy movement, in contrast to the numerous works to finish the panels on the construction site that require high time of completion of the building.

Figure 2. Example of assembly mode to steel frame panel.

Another technology less similar to materials used but more in line compared to the final product is the “Platform frame” construction. The buildings are made with load-bearing walls formed by a wooden frame made up of uprights and guides completed by wood-based plates or plaster fiber plates. This type of panel is very similar to the stratigraphy analyzed in the research system, as it contains both a structural section that insulation elements. In the wooden construction sector, there are different companies that produce this kind of

superficie robusta e resistente, oltre che attenuare la trasmissione del suono, migliorando il confort globale.

3. TECNOLOGIA DI ASSEMBLAGGIO

Successivamente alla definizione della stratigrafia del pannello, la ricerca si è concentrata sulla definizione della tecnologia di assemblaggio dei singoli componenti. L’obiettivo è definire quali siano i macchinari, le attrezzature e le fasi necessarie ad ottenere il Pannello per l’Edilizia nella sua configurazione finale, ottenendo un processo di assemblaggio standardizzato semplice e rapido [5,6,7,8].

3.1. ANALISI DEI SISTEMI DI ASSEMBLAGGIO

Il primo step è studiare quali tecnologie vengono impiegate per realizzare strutture simili. La tecnologia più affine al sistema oggetto della ricerca è la costruzione “Steel Frame”. Gli edifici sono realizzati da telai portanti in acciaio composti da montanti, guide, bandelle orizzontali per il controllo dell’instabilità e sistemi tradizionali di controvento per reagire alle sollecitazioni orizzontali. I telai vengono assemblati in stabilimento attraverso la giunzione manuale dei singoli profili tramite piastre di collegamento o rivetti da parte di diversi operatori, oppure utilizzando un processo computerizzato e robot meccanici.

Successivamente i pannelli sono caricati su un camion e trasportati in cantiere dove vengono montati direttamente nella posizione definitiva. I singoli profili vengono disposti su grandi postazioni di lavori, due operatori disposti dai lati opposti del pannello collegano le estremità dei profili alle guide. In questo processo risulta vantaggiosa la leggerezza del telaio che permette un’agevole movimentazione, contrariamente alle numerose opere di finitura in cantiere che richiedono tempi elevati per il completamento dell’edificio.

Un’altra tecnologia che utilizza materiali differenti ma più corrispondente al prodotto finale è panels, in particular in Austria, Germany and Switzerland.

The production of the panel in this case is more complex because the number of elements to be assembly is greater than the steel frame constructions. During the research, we have examined different production processes that can be more or less steps depending on the size of the company. In general, we can identify five stages:

- Phase 1: assembly wooden frame;
- Phase 2: assembly of the brace plate on a wooden frame side and overturning of the panel;
- Phase 3: insertion of the insulating layer between the wooden profiles;
- Phase 4: assembly of the brace plate on the second side of the frame;
- Phase 5: the panel is covered with waterproof protection and storage.

A To the previously listed steps it is possible to initially add a stage of production and cutting of the individual profiles which form the frame, while at the end of the process it is possible to add a step of installation of another plasterboard sheet and on the side of an insulating layer on ‘ other side. Additional finishes can also be realized in the factory such as the laying of plaster on both sides of the panel and the insertion of the doors and window within the openings previously achieved.

When the panel is completed is loaded with automated systems directly on the truck and covered with waterproof sheeting until it arrives at the construction site, where it is directly assembled in their final position without further storage. In this case, the production process is articulated but it consists of simple operations; the result is then a panel that does not need further working on site.

la tecnologia costruttiva "Platform frame". Gli edifici sono realizzati con pareti strutturali formate da un telaio in legno composto da montanti e guide completato da lastre in legno o lastre in fibrogesso. Questo tipo di pannello è molto simile per stratigrafia al sistema analizzato nella ricerca, in quanto contiene sia una sezione strutturale che elementi di isolamento. Nel mercato delle costruzioni in legno esistono differenti aziende che producono questo tipo di pannelli in particolare in Austria, in Germania e in Svizzera. La produzione del pannello in questo caso risulta più articolata perchè il numero di elementi da assemblare è maggiore rispetto alle costruzioni steel frame. Durante le ricerche svolte si sono esaminati differenti processi di produzione che possono contenere più o meno fasi a seconda della grandezza dell'azienda. In generale possiamo identificare cinque fasi:

- *Fase 1: assemblaggio del telaio ligneo;*
- *Fase 2: assemblaggio lastra di controvento su un lato del telaio ligneo e ribaltamento del pannello;*
- *Fase 3: inserimento strato di isolante tra i profili in legno;*
- *Fase 4: assemblaggio lastra di controvento sul secondo lato del telaio;*
- *Fase 5: copertura del pannello con protezioni antipioggia e stoccaggio.*

Alle fasi precedentemente elencate è possibile aggiungere inizialmente una fase di produzione e taglio dei singoli profili che formano il telaio, mentre alla fine del processo è possibile aggiungere una fase di posa di un'altra lastra di cartongesso sul lato e di uno strato isolante sull'altro lato. Ulteriori finiture possono anche essere realizzate in stabilimento come la posa dell'intonaco su entrambi i lati del pannello e l'inserimento dei serramenti all'interno delle aperture. Una volta che il pannello è ultimato viene caricato con sistemi automatizzati direttamente sul camion

Figure 3. Example of process to production the platform frame panel.

4. MOUNTING TECNOLOGY

The panel production process has to be analyzed considering the subsequent installation phase on site. The choice of such components should be assembled in the factory is a function of the techniques and systems used for the mounting of the building. The research has focused on the definition of the assembly procedure, and then on the study of mounting systems, which best can adapt to this type of panel [9,10,11, 12].

4.1. ANALYSIS OF MOUNTING SYSTEMS

In the first analysis, we have observed the dry building technologies and studied which are the elements that are used to make the different connections. They studied the connection systems of the steel frame, which in this case are not applicable. In fact, the connection between the panel and the foundation is made with screws, which clamp the guide below the base beam. In the alternative solution, the structure is a closed wall not accessible, and then the lower guide cannot be connected directly to the foundation.

Analyzing the constructive system platform frame and that Xlam was possible to identify different types of connections that could be adopted for mounting the Panel for Building. Traditionally the mounting of this type of panel is obtained using connecting plates that are able to resist the shear or tensile stress, according to their geometry.

This type of plates, of L shape, is used for the connection between the panel and the foundation. Plates are positioned along the perimeter on both sides and are fixed with screws on the one hand to the panel and the other to the foundation. Usually the panel is not placed directly on the foundation, but is placed in an intermediate wood element defined “root or dormant” which has the function to create a basis for a more uniform support. The major disadvantage of this type of connection are the numerous screws necessary to ensure the connection.

Another technology that partially solve this problem is the “Alufoot” system, which replaces the wooden root with a box-section aluminum, which presents a groove on the edges where to insert the connecting plates. The box is anchored to the foundation with bolts; the panel is then placed at the top and anchored by means of plates, which in this case are linear. The number of screws used is reduced, but not significantly. The aluminum box ensures a good seal to water but increases the heat transmission wall.

The connection between the walls and between walls and floor is made with linear connection plates that connect the two elements, avoiding that there are

e coperto con teli antipioggia fino ad arrivare in cantiere, dove viene direttamente montato nella posizione definitiva senza ulteriori stoccaggi. In questo caso il processo di produzione risulta articolato ma composto da operazioni semplici, e il risultato finale è un pannello che non ha bisogno di ulteriori lavorazioni in cantiere.

4. TECNOLOGIA DI MONTAGGIO

Il processo di produzione del pannello deve essere analizzato considerando la fase successiva di montaggio in cantiere. La scelta di quali componenti devono essere assemblati in stabilimento è funzione delle tecniche e dei sistemi utilizzati per il montaggio dell’abitazione. La ricerca si è concentrata sulla definizione della procedura di assemblaggio e sullo studio dei sistemi di montaggio che meglio si possono adattare a questo tipo di pannello [9,10,11, 12].

4.1. ANALISI DEI SISTEMI DI MONTAGGIO

In prima analisi sono state osservate le tecnologie di costruzione a secco, studiando quali sono gli elementi che vengono utilizzati per realizzare le differenti connessioni. Si sono studiati i sistemi di connessione dello steel frame, che risultano poco applicabili. Infatti il collegamento tra pannello e la fondazione è realizzato con viti che serrano la guida inferiore alla trave di base. Nella soluzione alternativa, la struttura è una parete chiusa non accessibile, quindi la guida inferiore non può essere connessa direttamente alla fondazione.

Analizzando il sistema costruttivo platform frame e quello Xlam è stato possibile individuare diverse tipologie di connessioni che potrebbero essere adottate per il montaggio del Pannello per l’Edilizia. Tradizionalmente il montaggio di questo tipo di pannello avviene mediante l’utilizzo di piastre di connessione che sono in grado di resistere alle sollecitazioni di taglio o di trazione, in funzione della loro geometria. Questo tipo di piastre (di forma ad L) viene utilizzato per il collegamento tra pannello e fondazione, vengono disposte lungo il perimetro da entrambi i lati e sono ancorate per mezzo di viti da un lato al pannello e dall’altro alla fondazione. Usualmente il pannello non poggia direttamente sulla platea, ma viene collocato un elemento intermedio in legno definito “radice o dormiente” che ha la funzione di creare una base di appoggio più uniforme. Lo svantaggio maggiore di questo tipo di connessione sono le numerose viti necessarie per garantire il collegamento.

Un’altra tecnologia che parzialmente risolvere questo problema è il sistema “Alufoot”, che sostituisce la radice in legno con una sezione scatolare in alluminio, la quale presenta sui bordi una scanalatura dove inserire le piastre di collegamento. Lo scatolare viene vincolato alla platea per mezzo di viti, successivamente viene poggiato il pannello superiormente e ancorato tramite piastre che in questo caso sono lineari. Il numero di viti utilizzato risulta inferiore ma non in maniera considerevole. Lo scatolare in alluminio garantisce una differentiated movements between the individual elements, transferring the efforts agents from the cover to the foundation in a linear way. Even in this type of connection, the number of screws is considerable, in particular in the case of complex and articulated geometries.

Figure 4. Example of cutting and traction systems and Alufoot system.

Another newly developed technology is the possibility to connect only the corners of the panel, thus reducing to a single point connection and consequently the number of screws to be used. This type of system is ideally applied to the structures in Xlam, as they have a uniform behavior and a better distribution of stresses within the panel. The connection called “X-rad” is composed of a steel sheet folded with inside a wooden element. This is constrained by means of screws on a corner of the panel and can be used for the transport and the movement of the panel. Once in position the panel is connected to the base plate or to another panel by means of two screws, which are inserted into the holes in the upper part of the steel sheet.

The potential of this type of connection are many because it reduces the number of connection and the number of screws to be inserted, reduces the critical points from the structural and thermal point of view.

5. RESULTS

5.1. ASSEMBLY PROCEDURE

According to the analysis done on the production technologies of the panels it has been possible to define a suitable production process than the goals set forth in the initial phase. In particular, it is planned:

- Phase 1: assembling steel frame with connection plates. The profiles are cut previously;
- Phase 2: assembly of plaster fiber plate on a side of the frame;
- Phase 3: external counterwall assembly (wooden sleepers, wood fiber insulating layer, cement slab) and overturning the panel;
- Phase 4: mineral wool insulation insertion within the structural frame;
- Phase 5: assembly of plaster fiber sheet on the second side of the frame;

buona tenuta all’acqua ma aumenta la trasmissione termica della parete.
Il collegamento tra le pareti e tra pareti e solaio è realizzato con piastre di collegamento lineari che connettono i due elementi, evitando che ci siano movimenti differenziati tra i singoli elementi, trasferendo gli sforzi agenti dalla copertura alla fondazione in maniera lineare. Anche in questo tipo di connessione il numero di viti impiegato è notevole, in particolare nel caso di geometrie complesse ed articolate.
Un’altra tecnologia che si sta sviluppando negli ultimi anni riguarda la possibilità di collegare solamente gli angoli del pannello, riducendo quindi ad un solo punto la connessione e di conseguenza il numero di viti da utilizzare. Questo tipo di sistema si applica idealmente alle strutture in Xlam, in quanto hanno un comportamento uniforme e una migliore distribuzione delle tensioni all’interno del pannello.
La connessione denominata “X-rad” è composta da un lamierino in acciaio ripiegato con all’interno un elemento in legno. Questo viene vincolato per mezzo di viti su uno spigolo del pannello e può essere utilizzato anche per il trasporto e la movimentazione del pannello. Una volta in posizione il pannello viene collegato alla piastra di base o all’altro pannello per mezzo di due viti che sono inserite nei fori presenti nella parte superiore del lamierino in acciaio. Le potenzialità di questo tipo di connessione sono molteplici perchè riduce il numero di connessioni e il numero di viti da inserire, riduce i punti critici dal punto di vista strutturale e termico.

5. RISULTATI

5.1. PROCEDURA DI ASSEMBLAGGIO

In funzione delle analisi svolte sulle tecnologie di produzione dei pannelli è stato possibile definire un processo di produzione congruo per gli obiettivi previsti in fase iniziale. In particolare si prevede:

- *Fase 1: assemblaggio del telaio in acciaio con piastre di collegamento. I profili sono sagomanti in precedenza;*
- *Fase 2: assemblaggio lastra di fibrogesso su un lato del telaio;*
- *Fase 3: assemblaggio controparete esterna (traverse in legno, isolante in fibra di legno, lastra a base cementizia) e ribaltamento del pannello;*

- Phase 6: internal counterwall assembly (gypsum plasterboard with steam brake, steel profiles and eventual plants, mineral fiber insulating layer, high density plasterboard sheets);
- Phase 7: storage of the panel and preparation for transport.

5.2. INSTALLING PROCEDURE

The connection between the panel and the foundation has been designed according to traditional mounting systems platform frame structures (fig. 6). Especially after realizing the foundation, it was laid an autoclaved wooden root linked by anchor screws. Above root is placed the panel that is connected with cut and traction L-plates to the dormant and to the foundation. In this way, it is ensured the correct transfer of forces from the panel to the foundation.
The connection between panel and floor slab has been designed using linear and angular connecting plates (fig. 7). On the bottom panel is positioned a wooden slab linked to the top guide of the panel. On the slab they are placed a continuous beam along the entire perimeter of the building (which allows to better distribute loads from the upper floors), and the steel profiles supporting the wooden floor 50 mm thick bound by screws to the beam. The floor wood is placed on the edge beam creating a structural continuity between the two elements (wall-floor). Finally, the top panel is positioned at the node between the floor and lower wall. This is connected internally in two ways: with traction angular to the lower panel by means of a through screw in the floor, while with cutting angular to the floor slab. Externally the top panel, the lower panel and the beam are connected by a series of steel plates.

- *Fase 4: inserimento isolante in lana minerale all'interno del telaio strutturale;*
- *Fase 5: assemblaggio lastra di fibrogesso sul secondo lato del telaio;*
- *Fase 6: assemblaggio controparete interna (lastra di cartongesso con freno a vapore, profili in acciaio ed eventuali impianti, isolante in fibra di minerale, lastre di cartongesso ad alta densità);*
- *Fase 7: stoccaggio del pannello e preparazione per il trasporto.*

5.2. Procedura schema di montaggio
La connessione tra pannello e fondazione è stata progettata seguendo i sistemi montaggio tradizionali delle strutture platform frame. In particolare una volta realizzata la fondazione, viene posata una radice in legno autoclavato vincolata per mezzo di tirafondi. Sulla radice viene poggiato il pannello che viene collegato per mezzo di piastre ad L a taglio e a trazione sia al dormiente che alla fondazione. In questo modo è garantito il corretto trasferimento delle forze dal pannello alla fondazione. La connessione tra pannello e solaio è stata progettata utilizzando piastre di collegamento lineari ed angolari. Sul pannello inferiore viene posizionata una banchina in legno vincolata alla guida superiore del pannello. Sulla banchina sono collocati una trave continua lungo tutto il perimetro dell'edificio (che permette di distribuire meglio i carichi provenienti dai piani superiori), e i profili in acciaio che sostengono il solaio in legno da 50 mm vincolati tramite viti alla trave. Il solaio il legno poggia sulla trave di bordo creando una continuità strutturale tra i due elementi (parete-solaio) Infine viene posizionato il pannello superiore in corrispondenza del nodo tra solaio e parete inferiore. Questo viene collegato internamente in due modi: per mezzo di angolari a trazione al pannello inferiore tramite una vite passante nel solaio, mentre

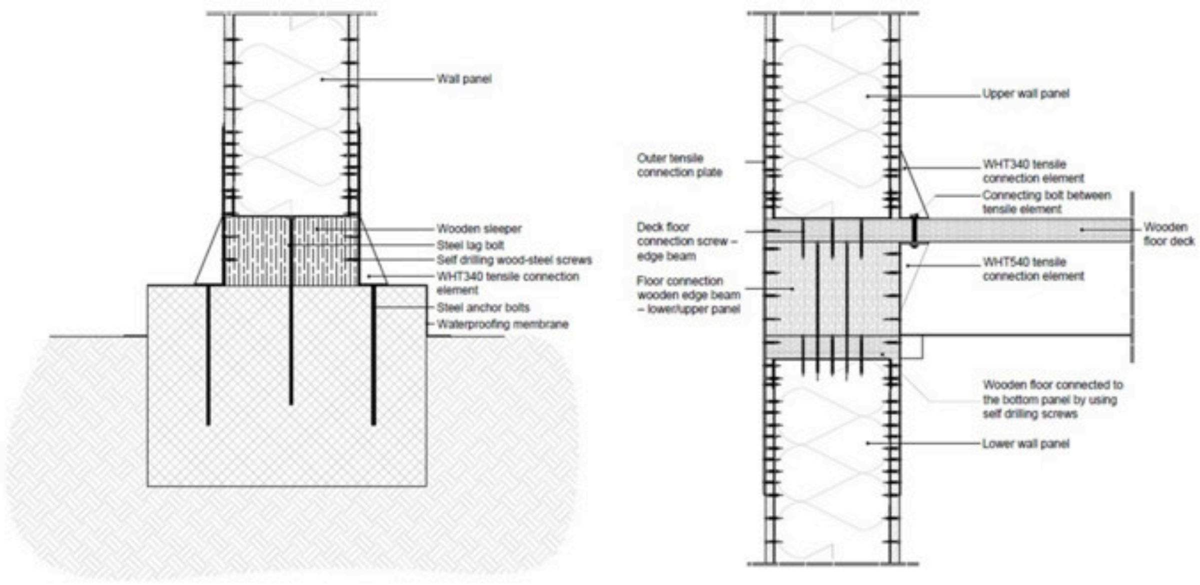


Figure 5. Detail of foundation node - Detail of floor node.

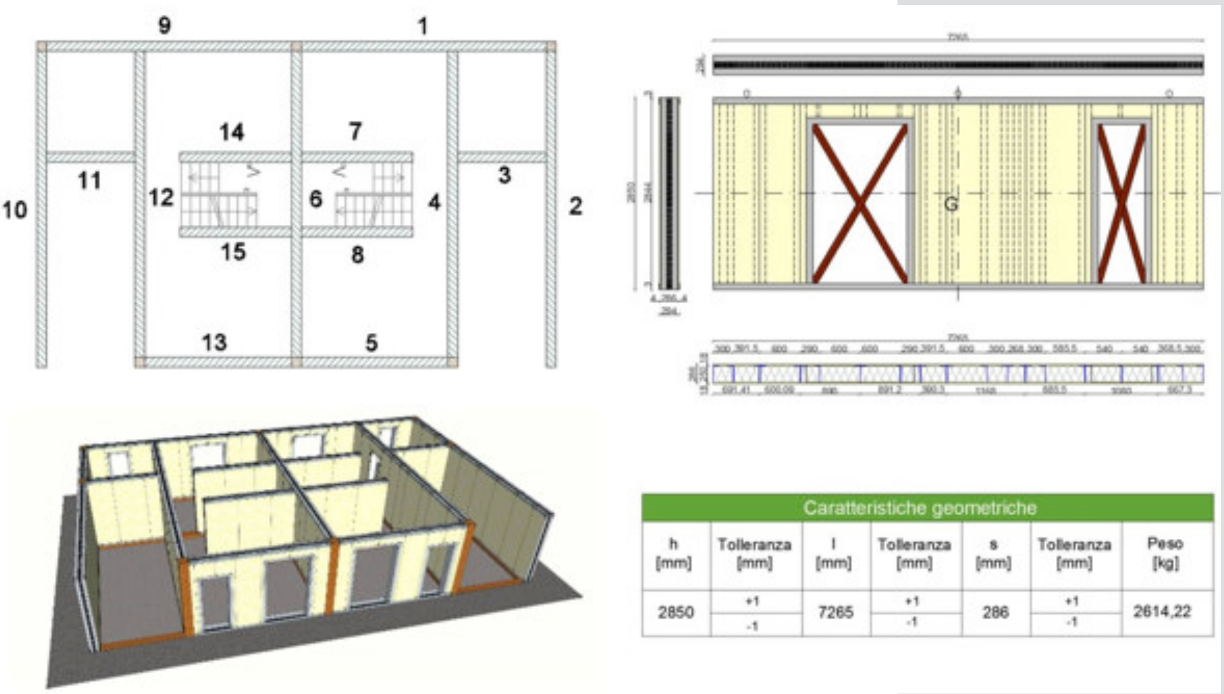
The designed connection allows obtaining an efficient transmission of forces from the higher floors to the foundation, also the insertion of a wooden element reduces the generation of thermal bridges in the wall.

The connection between the two corner panels is designed by inserting a wooden element at the ends to one of the panels. In this way, through a series of linear external and inner corner plates it is possible to connect the two panels.

To increase the resistance near of the connection the distance between the profiles of the structural section to 30 cm has been reduced, to increase the air of action of the forces.

The design of the nodes needed for the assembly of the panels gives rise to some considerations as regards the definition of the panel assembly procedure. The connections are made on the structural section of the panel, which is located in a central position, for this reason it is not possible to install in the production phase of a portion of inner and outer counterwall. This involves that will be necessary to make completion works on site, which are however lower than those of the technology steel frame or of a traditional construction. In order to validate the feasibility of the procedure adopted, a theoretical study was carried out on a real case application. In particular, the construction of a series of terraced villas was studied using the constructive system Panel for Building [13]. The first step was to subdivide the envelope of the building into panels by creating an abacus to which a series of technical sheets associated.

per mezzo di angolari a taglio al solaio. Esternamente il pannello superiore, il pannello inferiore e la trave sono collegati da una serie di piastre di acciaio.
La connessione progettata permette di ottenere un'efficace trasmissione degli sforzi dai piani più alti alla fondazione, inoltre l'inserimento di un elemento in legno riduce la il generarsi di ponti termici nella parete.
Il collegamento tra due pannelli d'angolo è stato progettato inserendo un elemento ligneo in testata ad uno dei pannelli. In questo modo attraverso una serie di piastre esterne e di angolari interni è possibile connettere i due pannelli. Per aumentare la resistenza in prossimità della connessione è stato ridotto il passo tra i profili della sezione strutturale a 30 cm, in modo da aumentare l'aria di azione delle forze.
La progettazione dei nodi necessari per il montaggio dei pannelli fa sorgere una serie di considerazioni in merito alla definizione della procedura di assemblaggio del pannello. Le connessioni riguardano la sezione strutturale del pannello che è collocata in posizione centrale, per questo non è possibile installare in fase di produzione del pannello una porzione di controparete interna ed esterna. Questo implica che sarà necessario compiere alcune opere di finitura in cantiere, le quali risultano comunque inferiori rispetto a quelle della tecnologia steel frame o di una costruzione tradizionale.
Al fine di validare la fattibilità delle procedure adottate è stato svolto uno studio teorico su un caso applicativo reale. In particolare si è studiata la costruzione di una serie di ville a schiera utilizzando il sistema costruttivo Pannello per l'Edilizia [13]. Il primo step è stato suddividere



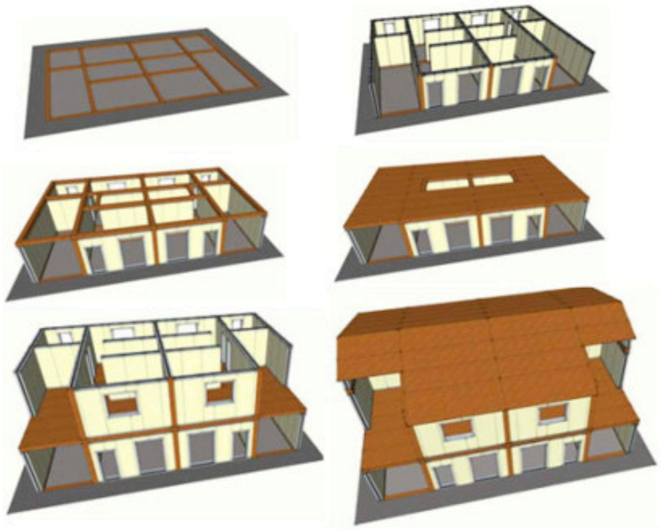
Caratteristiche geometriche						
h [mm]	Tolleranza [mm]	l [mm]	Tolleranza [mm]	s [mm]	Tolleranza [mm]	Peso [kg]
2850	+1 -1	7265	+1 -1	286	+1 -1	2614,22

Figure 6. Example of panel subdivision - Example of reference panel technical data sheet.

Subsequently, assembly procedures were applied to determine the construction process of the residences. A sequence of activities has been defined: installation of the base beam (dormant), panel mounting, edge beam mounting, floor mounting, second floor mounting, edge beam mounting, floor mounting, mounting cover beam and finally mounting the cover.

The aim of this study was to analyze from the technical and temporal point of view the procedures adopted were correct.

le murature dell'edificio in pannelli creando un abaco al quale sono state associate una serie di schede tecniche. Successivamente sono state applicate le procedure di montaggio per determinare il processo di costruzione delle ville. Si è definita una sequenza di attività: posa della trave di base (dormiente), posa dei pannelli, posa delle travi di bordo, posa del solaio, posa dei pannelli del secondo piano, posa travi di bordo, posa del solaio, posa travi di copertura e infine posa della copertura.
L'obbiettivo di questo studio era



Mont-04_01_01.01: MONTAGGIO DORMIENTE A1_00_D01					
EVENTO	PROCEDURA	RISORSE	MEZZI	MATERIALI	TEMPI [min]
1	Aggancio del dormiente A1_00_D01 al bilancino dell'autogrù tramite gli appositi ganci	1 Manovratore 1 Operaio specializzato 2 Operai comuni	Autogrù (con bilancino)		5
2	Aggancio funi di governo	2 Operai comuni		2 funi di canapa	5
3	Tensionamento dei cavi	1 Manovratore	Autogrù		5
4	Sollevamento e movimentazione (dall'autocarro alla posizione)	1 Manovratore 1 Operaio specializzato 2 Operai comuni	Autogrù	2 funi di canapa	10
5	Posa del dormiente nella posizione (previo tracciamento)	1 Manovratore 1 Operaio specializzato 2 Operai comuni	Autogrù	2 funi di canapa	10
6	Controllo posizione e orientamento	1 Operaio specializzato 2 Operai comuni	Rotella Merica		5
7	Sgancio del dormiente dal bilancino dell'autogrù	1 Manovratore 1 Operaio specializzato 2 Operai comuni	Autogrù		5
8	Fissaggio del dormiente alle travi A1_00_T02 e A1_00_T06 tramite tirafondi in acciaio	2 Operai comuni	Avvitatore	Tirafondi	35
Totale tempi					80

Figure 7. Example of assembly sequence with analysis of mounting procedures and completion times of the base-beam assembly operation.

The theoretical simulation applied to a real case validated the system adopted for construction. It has been verified that the procedures adopted ensure a high degree of realization and a period of completion of the minor work, with a substantial reduction in the activities carried out on site.

quello di analizzare dal punto di vista tecnico e temporale se le procedure adottate fossero corrette.
La simulazione teorica applicata ad un caso reale ha validato il sistema adottato per la costruzione. Si è verificato che le procedure adottate garantiscono un'elevata precisione di realizzazione e un periodo complessivo di completamento dell'opera minore, con una riduzione sostanziale delle attività svolte in cantiere.

6. FUTURE DEVELOPMENTS

Future research will have as objective to validate design choices, through structural laboratory tests that verify the resistance to the stresses of the configured nodes and the correct behavior of the panel, avoiding brittle failures or unexpected failures.

6. SVILUPPI FUTURI

Le future ricerche avranno come obbiettivo quello di validare le scelte progettuali fatte fin a questo punto, attraverso prove di laboratorio strutturali che verificano la resistenza alle sollecitazioni dei nodi progettati ed il corretto comportamento del pannello, evitando rotture o cedimenti non previsti.

7. REFERENCES

[1] D. Troiano, F. Gianfreda, F. Manzone, *Panel for Building: a new typology of platform frame*. L'orizzonte del sapore tecnico in Architettura, 2014, pp. 429-434.

[2] Ettore Zambelli, Pietro Antonio Vanoncini, Marco Imperadori, C*ostruzione stratificata a secco: tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto*. Rimini: Maggioli, 1998.

[3] C. Caldera, S. Fantucci, F. Gianfreda, F. Isaia, F. Manzone, F. Ossola, V. Serra, D. Troiano,

Eric Valsesia, *A lightweight panel for platform steel frames: an integrated optimization process*. Atti di convegno: Energy Forum, 10th Conference Advanced Building Skins, 2015, pp. 747-756.
[4] Paolo Bergamaschi, Paolo Bertozzi, Agnese Ghini, *Il sistema stratificato a secco: una tecnologia sostenibile per l'architettura della casa.* Palermo: Flaccovio, 2010.
[5] Maria Antonia Barucco, *Progettare e costruire in acciaio sagomato a freddo*. Pesaro: EdicomEdizioni, 2015.
[6] Springhetti Luca, *I collegamenti delle strutture in acciaio.* Milano: HOEPLI, 2013.
[7] Bernuzzi Claudio. 2011. *Progetto e verifica delle strutture in acciaio.* Milano: HOEPLI, 2011.
[8] Wang J., Tian Y. S., Lu T. J., *The role of frame members and sheathing in partition wall panels subjected to compression*. Thin-Walled Structures, 2005, vol. 43, pp. 983-1002.
[9] Gianluca Bresciani, *Progettare case in legno con XLAM*. Palermo: Flaccovio, 2013.
[10] Enrico Ravagnan, *Edifici in legno a struttura portante con pannelli X-Lam*. Palermo: Grafill Editoria Tecnica, 2014.
[11] Giachino Davide, *Legno, manuale per progettare in Italia*. Torino: UTET, 2013.
[12] Branston A. E., Boudreault F. A., Chen C. Y., Rogers C. A., *Light-gauge-steel frame - wood structural panel shear wall design method.* Canadian Journal of Civil Engineering, 2006, vol. 32, pp. 872-889.
[13] Silvia Matarrese, Tesi di laurea: *Sviluppo delle tecniche di montaggio con l'innovativo sistema costruttivo brevettato con il nome "Pannello per l'edilizia"*. Torino: 2015.