



DOMANDA NUMERO	102015000018996
Data Deposito	28/05/2015
Data Pubblicazione	28/11/2016

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	H		

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	H		

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	M		

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	V		

Titolo

SISTEMA DI MONITORAGGIO SISMICO E PROCEDIMENTO PER EFFETTUARE IL MONITORAGGIO SISMICO UTILIZZANDO DETTO SISTEMA DI MONITORAGGIO

TITOLO: “SISTEMA DI MONITORAGGIO SISMICO E PROCEDIMENTO PER
EFFETTUARE IL MONITORAGGIO SISMICO UTILIZZANDO DETTO
SISTEMA DI MONITORAGGIO”

5

DESCRIZIONE

Nella tecnica sono noti sistemi di monitoraggio atti a misurare spostamenti e rotazioni di elementi strutturali facenti parte di una struttura. Tra tali sistemi di monitoraggio sono noti i sistemi di monitoraggio sismico atti ad individuare il 10 comportamento di una struttura quando essa è sottoposta ad azioni sismiche. In particolare sono noti sistemi di monitoraggio sismico atti a fornire informazioni per la valutazione dell’entità del danno che una struttura ha subito a seguito di un evento sismico.

Questi ultimi sistemi di monitoraggio sismico comprendono, di regola, sensori 15 posizionati in punti significativi della struttura, una unità di raccolta dati, collegata ai sensori ed una unità che elabora i dati e comunica con “l’esterno” della struttura.

In alcuni casi i sistemi di monitoraggio sismico secondo la tecnica nota comprendono unità di elaborazione dati che sono poste all’interno dell’edificio monitorato; ciò implica che tali unità devono essere dotate di “notevole intelligenza” 20 e capacità di calcolo; da ciò discende che spesso i costi di tali sistemi di monitoraggio sono significativi e spesso risultano essere non accettabili per monitorare edifici di tipo “corrente”.

In altri casi il sistema di monitoraggio sismico secondo la tecnica nota trasmette i dati misurati ad un elaboratore elettronico remoto con il quale tale sistema di 25 monitoraggio sismico dialoga; nel suddetto elaboratore elettronico remoto è presente

uno specifico software, correlato alle apparecchiature installate nell'edificio da monitorare; in tale elaboratore elettronico remoto, il più delle volte, è presente anche un modello strutturale già pronto e predisposto per l'ingresso dei dati conseguenti alle misurazioni delle apparecchiature installate nel suddetto edificio.

- 5 Tali sistemi di monitoraggio sismico spesso trasmettono messaggi anche nella forma sintetica di segnali che possono essere costituiti, ad esempio, da una luce gialla, da una luce rossa e da una luce verde che assumono, a seconda dei vari sistemi di monitoraggio sismico impiegati, significati più o meno esattamente legati ai concetti di “nessun danno”, “danno lieve”, “danno forte”.
- 10 Tali sistemi di monitoraggio sismico per la evidenziazione dei danni strutturali dopo un evento sismico sono stati installati in una molteplicità di costruzioni, solitamente di notevole importanza, quali edifici alti, ponti, ecc..

Sono presenti nella tecnica nota anche sistemi di monitoraggio sismico atti a misurare in tempo reale gli effetti di un'azione sismica ed a paragonare tali valori con prefissati valori di soglia, corrispondenti a stati limite della struttura o di alcuni suoi elementi.

- 15 I sistemi di monitoraggio sismico sopra menzionati hanno permesso e permettono di conoscere dati importanti riguardanti i danni subiti dagli edifici (e dalle strutture) monitorati; tuttavia essi possono presentare i seguenti inconvenienti.
- 20 Assai spesso, considerando anche i sistemi di monitoraggio sismico più evoluti della tecnica nota, risulta problematico, se non impossibile, l'applicazione di un automatismo che prevede di avere in tempo reale “l'autorizzazione” a poter riutilizzare immediatamente l'edificio.

In molti casi la “immediatezza” (intesa in senso stretto) non è neanche necessaria, né 25 viene richiesta.

Se si adottano, poi, sistemi di monitoraggio sismico i quali sono atti a paragonare “automaticamente” i valori misurati e calcolati (ad esempio i valori di spostamento delle estremità di un pilastro) con dei prefissati valori di soglia introdotti all’atto della installazione del sistema di monitoraggio sismico dall’ingegnere progettista

5 della struttura, si ha che occorre fare uno studio ed un calcolo particolarmente accurati al fine di prevedere quale sarà la risposta sismica della struttura ad ipotetici terremoti di progetto ed occorre stabilire quali sono i valori di soglia dei vari stati limite da considerare. E’ evidente che tale studio preventivo della struttura richiede attività, e quindi costi, non indifferenti; ciò vale, principalmente nel caso di una

10 struttura esistente, dove, in molti casi l’ingegnere che deve calcolare i suddetti valori di soglia, non è stato il progettista della struttura all’atto della sua costruzione.

Inoltre si ritiene che, in ogni caso, le prestazioni in termini di individuazione del danno, dopo un evento sismico, che possono caratterizzare un sistema di monitoraggio, siano, in molti casi non direttamente ed “automaticamente” utilizzabili, essendo comunque necessario il giudizio sintetico e finale di un 15 ingegnere che verifica in loco la situazione, nell’ambito di una visione generale della struttura e dell’edificio nella sua globalità.

Alla luce di quanto è sopra scritto appare chiaro che in molti casi correnti l’applicazione dei sistemi di monitoraggio sismico secondo la tecnica nota implica lo 20 svolgimento di attività, e quindi l’utilizzo di risorse, che spesso risultano, almeno in conformità al mercato ed alla cultura attuali, difficilmente accettate nella corrente pratica costruttiva.

In altri casi, le prestazioni richieste al sistema di monitoraggio sismico (ad esempio quelle richieste per la individuazione del danno strutturale) non corrispondono 25 comunque ad alcune esigenze che si manifestano nella pratica.

Uno scopo del presente trovato è quello di realizzare un sistema di monitoraggio che fornisca all'ingegnere verificatore il valore degli spostamenti di punti significativi della struttura, dalla conoscenza dei quali l'ingegnere stesso possa avere utili informazioni riguardanti la risposta dinamica della suddetta struttura.

5 Un altro scopo del presente trovato è quello di realizzare un sistema di monitoraggio sismico che abbia costi contenuti, e che possa dunque concretamente diffondersi nella pratica costruttiva corrente e possa essere installato in corrispondenza delle strutture di molti edifici.

Questi ed altri scopi vengono raggiunti dal sistema di monitoraggio sismico, oggetto 10 del presente trovato, e dal procedimento per effettuare il monitoraggio sismico utilizzando detto sistema di monitoraggio, anche esso oggetto del presente trovato.

Le caratteristiche ed i vantaggi del presente trovato risulteranno maggiormente evidenziati dalla descrizione seguente di tre forme di realizzazione illustrate a puro titolo esemplificativo e non limitativo nelle unte tavole di disegno in cui:

15 - la figura 1 illustra, secondo una vista in pianta, il piano terra di un edificio industriale prefabbricato, sulla cui struttura è stato installato un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, secondo una prima forma di realizzazione;

- la figura 2 illustra, nella stessa scala di figura 1, parte secondo una vista dall'alto e 20 parte in spaccato, l'impalcato di copertura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1;

- la figura 3 illustra, nella stessa scala di figura 1, un prospetto longitudinale dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1;

- la figura 4 illustra, nella stessa scala di figura 1, la sezione secondo la retta A-A di 25 figura 1;

- la figura 5 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 1, parte secondo una vista dall'alto e parte in spaccato, l'impalcato di copertura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1; nella figura 5 è indicata anche parte dello schema circuitale del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1;
- 5 - la figura 6 illustra, nella stessa scala di figura 5, parte secondo una vista dall'alto e parte in spaccato, il piano terra dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1 e parte delle fondazioni;
- la figura 7 illustra, secondo una vista in assonometria, lo schema circuitale
- 10 complessivo del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 1;
- la figura 8 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 6, parte della sezione secondo la retta B-B di figura 6;
- la figura 9 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 8, un particolare della
- 15 figura 8;
- la figura 10 illustra, nella stessa scala di figura 9, un altro particolare della figura 8;
- la figura 11 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 6, la sezione secondo la retta C-C di figura 6 ed uno schema di parte delle apparecchiature del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio
- 20 industriale prefabbricato di figura 1;
- la figura 12 illustra, secondo una vista in pianta, il piano terra di un edificio industriale prefabbricato, sulla cui struttura è stato installato un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, secondo un'altra forma di realizzazione;
- 25 - la figura 13 illustra, nella stessa scala di figura 12, parte secondo una vista dall'alto

e parte in spaccato, l'impalcato di copertura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;

- la figura 14 illustra, nella stessa scala di figura 12, un prospetto longitudinale dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;
- 5 - la figura 15 illustra, nella stessa scala di figura 12, la sezione secondo la retta D-D di figura 13;
- la figura 16 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 12, parte in pianta e parte in spaccato, una porzione del piano terra dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12 e parte delle fondazioni; nella figura 16 è indicata anche parte dello schema circuitale del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;
- 10 - la figura 17 illustra, nella stessa scala di figura 16, parte in pianta e parte in spaccato, la restante porzione del piano terra dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12 e parte delle fondazioni;
- 15 - la figura 18 illustra, nella stessa scala di figura 16, parte secondo una vista dall'alto, e parte in spaccato, una porzione dell'impalcato di copertura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12; nella figura 18 è anche indicata parte dello schema circuitale del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;
- 20 - la figura 19 illustra, nella stessa scala di figura 18, parte secondo una vista dall'alto, e parte in spaccato, la restante porzione dell'impalcato di copertura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12; nella figura 19 è indicata anche parte dello schema circuitale del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;
- 25 - la figura 20 illustra, secondo una vista in assonometria, lo schema circuitale

complessivo del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio industriale prefabbricato di figura 12;

- la figura 21 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 18, la sezione secondo la retta E-E di figura 18;
- 5 - la figura 22 illustra, secondo una vista in pianta, con due dettagli in spaccato, l'orizzontamento di copertura (terzo orizzontamento) della struttura di un edificio adibito ad uffici, in corrispondenza della quale è stato installato un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, secondo una ulteriore forma di realizzazione;
- 10 - la figura 23 illustra, nella stessa scala di figura 22, secondo una vista in pianta, con due dettagli in spaccato, il secondo orizzontamento della struttura dell'edificio di figura 22;
- la figura 24 illustra, nella stessa scala di figura 22, secondo una vista in pianta, con due dettagli in spaccato, il primo orizzontamento della struttura dell'edificio di figura 22;
- 15 - la figura 25 illustra, nella stessa scala di figura 22, secondo una vista in pianta, il piano fondazioni della struttura dell'edificio di figura 22; nella figura 25 è indicata anche parte dello schema circuitale del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio di figura 22;
- 20 - la figura 26 illustra, secondo una vista in assonometria, lo schema circuitale complessivo del sistema di monitoraggio sismico installato in corrispondenza della struttura dell'edificio di figura 22;
- la figura 27 illustra, nella stessa scala di figura 22, la sezione secondo la retta F-F di figura 22;
- 25 - la figura 28 illustra, in una scala maggiore di quella di figura 22, la sezione

secondo la retta G-G di figura 22.

Facendo riferimento alle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 si descrive il sistema di monitoraggio sismico 1, ottenuto secondo il presente trovato, secondo una prima forma di realizzazione. Il sistema di monitoraggio sismico 1 è installato in 5 corrispondenza di una struttura 11 di un edificio 10 industriale, di nuova costruzione; la struttura 11 comprende elementi strutturali di calcestruzzo armato e di calcestruzzo armato precompresso ed è tale per cui in essa sono impediti meccanismi di rottura fragili e sono possibili unicamente meccanismi di rottura duttili. La struttura 11 comprende diciotto pilastri 20a, 20b, 20c prefabbricati in 10 calcestruzzo armato, un impalcato di copertura 21 e fondazioni 24 realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. L'impalcato di copertura 21 comprende travi 21a prefabbricate in calcestruzzo armato precompresso e tegoli 21b prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso.

I pilastri che portano l'impalcato di copertura 21 e che costituiscono gli elementi 15 strutturali demandati a resistere alle azioni sismiche sono i quattordici pilastri 20a, 20b; per tale motivo nel seguito si fa riferimento unicamente ai pilastri 20a, 20b. L'edificio 10 è posto in una zona sismica. I tegoli 21b, che sono del tipo a TT, sono collegati tra loro e sono collegati con le travi 21a che li sorreggono in modo tale da formare un impalcato che può considerarsi rigido nel suo piano. Le fondazioni 24 20 comprendono plinti 24a, 24b, 24c "a bicchiere" e travi di collegamento 24d le quali sostanzialmente impediscono gli spostamenti relativi orizzontali tra i suddetti plinti 24a, 24b, 24c. E' inoltre presente una soletta di calcestruzzo armato che costituisce la pavimentazione industriale dell'edificio 10.

Nel caso della struttura 11 è lecito considerare rigidi, nel loro piano, sia la 25 fondazione 24 sia l'impalcato di copertura 21, dove i tegoli 21b sono connessi con le

travi 21a e sono inoltre tra loro connessi in corrispondenza delle loro ali.

Si fa presente che gli elementi strutturali che formano la struttura 11 sono tra loro collegati secondo i criteri della gerarchia delle resistenze; i suddetti elementi strutturali e le unioni tra gli elementi strutturali medesimi sono realizzati con criteri 5 e con dettagli costruttivi tali per cui sono evitate roture fragili, restando dunque unicamente possibili meccanismi di rottura di tipo duttile.

Il tamponamento, sulle quattro facciate dell'edificio 10, comprende pannelli orizzontali 25 di calcestruzzo armato, i quali costituiscono una prima fascia del tamponamento, e pannelli sandwich 26, composti da due lamiere metalliche e strato 10 isolante interposto, posti al di sopra di tale prima fascia; i pannelli sandwich 26 sono dotati di opportune strutture di baraccatura, non indicate, per semplicità, nelle figure.

Il sistema di monitoraggio sismico 1 comprende:

- quattro sensori accelerometrici 2a, 2b (e quindi una pluralità di sensori accelerometrici 2a, 2b) posizionati in corrispondenza di punti significativi della 15 struttura 11; i due sensori accelerometrici 2a sono posizionati in corrispondenza dell'intradosso dell'impalcato di copertura 21; i due sensori accelerometrici 2b sono posizionati in corrispondenza delle fondazioni 24; due sensori accelerometrici 2a, 2b sono posizionati in corrispondenza di uno dei due pilastri 20a; gli altri due sensori accelerometrici 2a, 2b sono posizionati in corrispondenza dell'altro pilastro 20a;
- una unità di acquisizione 3, a cui sono collegati i sensori accelerometrici 2a, 2b; l'unità di acquisizione 3 ininterrottamente riceve i dati provenienti dai sensori accelerometrici 2a, 2b.

Il sistema di monitoraggio sismico 1, una volta installato in corrispondenza della 25 struttura 11 ed una volta attivato, funziona ininterrottamente, a meno delle pause

dovute a manutenzione o a sostituzione di componenti, per tutta la vita utile della struttura 11.

I sensori accelerometrici 2a, 2b misurano, con una prefissata frequenza, le accelerazioni dei punti in cui i sensori accelerometrici 2a, 2b stessi sono posizionati
5 (tali punti sono punti significativi della struttura 11). L'unità di acquisizione 3 sincronizza le misure di tutti e quattro i sensori accelerometrici 2a, 2b compresi nel sistema di monitoraggio sismico 1 indicando ai quattro sensori accelerometrici 2a, 2b gli istanti in cui essi devono effettuare le misure (di accelerazione).

L'unità di acquisizione 3 comprende, oltre ad una memoria RAM, una memoria di
10 massa nella quale viene memorizzata parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b e trasmessi dai suddetti sensori accelerometrici 2a, 2b alla unità di acquisizione 3 stessa; nella suddetta memoria di massa vengono anche memorizzati gli istanti in cui tali dati sono stati misurati; tale memoria di massa è estraibile. Tale memoria di massa è costituita da una chiave USB (memoria flash
15 con interfaccia USB) dotata di adeguata capacità di memoria.

L'unità di acquisizione 3 conserva nella sua memoria di massa unicamente i dati più recenti, cancellando i dati meno recenti prima di introdurre nuovi dati; in tal modo la unità di acquisizione 3 mantiene aggiornata la sua memoria di massa.

L'unità di acquisizione 3 fornisce anche la necessaria energia elettrica ai sensori
20 accelerometrici 2a, 2b (che sono ad essa collegati).

Il sistema di monitoraggio sismico 1, nel caso in cui la struttura 11 sia sottoposta ad azioni sismiche, è atto ad essere utilizzato per poter individuare, oltre alle accelerazioni, anche gli spostamenti dei suddetti punti della struttura 11 nei quali sono posizionati i sensori accelerometrici 2a, 2b; i suddetti spostamenti sono ottenuti
25 mediante elaborazione, eseguita dopo l'evento sismico, delle misure di

accelerazione effettuate dai sensori accelerometrici 2a, 2b; tale elaborazione è effettuata mediante un computer esterno che non fa parte del sistema di monitoraggio sismico 1 e che è posto al di fuori della struttura 11 monitorata.

Il suddetto computer esterno effettua la suddetta elaborazione una volta che i dati 5 recuperati estraendo la memoria di massa della unità di acquisizione 3, sono stati introdotti nel computer esterno stesso.

Si evidenzia che la suddetta elaborazione dei dati è effettuata successivamente all'applicazione delle azioni dinamiche alla struttura 11 dovute ad un evento sismico; la suddetta elaborazione di dati sostanzialmente consiste nel calcolo degli 10 spostamenti dei suddetti punti significativi della struttura 11 in corrispondenza dei quali sono installati i sensori accelerometrici 2a, 2b; gli spostamenti dei punti significativi della struttura 11 si ottengono, una volta noti le accelerazioni (le accelerazioni sono note in quanto misurate dai sensori accelerometrici 2a, 2b) e gli istanti in cui esse sono state misurate, effettuando una doppia integrazione nel 15 dominio del tempo delle time history (storie temporali) delle accelerazioni.

Noti i valori degli spostamenti dei punti significativi della struttura 11 si calcolano, poi, gli spostamenti relativi tra la sommità e la base dei pilastri 20a e conseguentemente i drift dei pilastri 20a stessi.

L'ipotesi di indefformabilità nel proprio piano dell'impalcato di copertura 21 e delle 20 fondazioni 24, infatti, noti gli spostamenti dei punti (significativi) in cui sono posizionati i sensori accelerometrici 2a, 2b, consente di calcolare facilmente gli spostamenti in sommità ed alla base anche dei pilastri 20b (in corrispondenza dei quali non sono installati sensori accelerometrici 2a, 2b).

Come è noto, in generale, il drift tra gli orizzontamenti di una struttura "a telaio" e 25 quindi il drift dei pilastri costituisce uno dei parametri principali mediante i quali è

possibile individuare lo stato di danno subito dalla struttura a causa di una azione sismica.

- La unità di acquisizione 3 ed i sensori accelerometrici 2a, 2b sono tra loro collegati da varie linee di trasmissione dati. In particolare la unità di acquisizione 3 ed i
- 5 sensori accelerometrici 2a, 2b sono tra loro collegati mediante una rete CAN bus (CAN sta per: Controller Area Network) comprendente due linee CAN bus. Su ognuna delle suddette due linee CAN bus sono collegati, uno di seguito all'altro, un sensore accelerometrico 2a ed un sensore accelerometrico 2b; ciascuna delle due linee CAN bus è poi collegata alla unità di acquisizione 3.
- 10 Ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b è un sensore accelerometrico triassiale; ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b, cioè, misura l'accelerazione in tre direzioni tra loro ortogonali.
- Ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b comprende due accelerometri triassiali di tipo capacitivo, un microprocessore principale, un microprocessore di controllo, un
- 15 sensore di temperatura, un driver CAN bus, un circuito segnalatore di errore, un circuito per l'ingresso del segnale di clock, due connettori atti a collegare il sensore accelerometrico 2a, 2b considerato alla rete CAN bus ed alle altre linee di trasmissione dati, una unità di alimentazione ed un elemento di contenimento, all'interno del quale sono posizionati tutti i componenti sopra elencati. All'interno
- 20 del suddetto elemento di contenimento è posta anche una resina sintetica di riempimento che "rende come un unico solido" tutto ciò che è interno al suddetto elemento di contenimento.
- Il suddetto microprocessore principale, tra l'altro, trasforma i segnali analogici ricevuti dai due accelerometri (facenti parte del sensore accelerometrico 2a, 2b
- 25 suddetto) in dati digitali ed effettua controlli almeno relativi al funzionamento dei

suddetti due accelerometri. I due accelerometri compresi in ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b, sono di tipo MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems).

Come è noto i sistemi MEMS comprendono microsistemi elettrici e meccanici, integrati su uno stesso materiale di base; i microsistemi elettrici e meccanici sono

5 realizzati in forma miniaturizzata.

I due accelerometri ed il sensore di temperatura, sono collegati al microprocessore principale.

Il microprocessore di controllo è collegato al microprocessore principale ed al circuito segnalatore di errore.

10 In ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b, la unità di alimentazione è collegata a tutti i componenti del sensore accelerometrico 2a, 2b ai quali fornisce la necessaria energia elettrica.

Ciascuno dei due sensori accelerometrici 2a è solidale al relativo pilastro 20a; ciascuno dei due sensori accelerometrici 2b è installato in corrispondenza 15 dell'estradosso del plinto 24a (del relativo pilastro 20a) ed è posto in prossimità del suddetto pilastro 20a. Ciascuno dei due sensori accelerometrici 2b è inserito all'interno di un pozzetto 28 che è privo del fondo e di una parete laterale e che è dotato di coperchio.

L'unità di acquisizione 3 comprende un microprocessore, un sistema di 20 comunicazione con l'utente, una memoria RAM, una memoria di massa nella quale viene memorizzata parte dei dati trasmessi dai sensori accelerometrici 2a, 2b, un generatore di clock, un USB bus driver per la gestione della memoria di massa, un circuito per l'ingresso dei messaggi di errore provenienti dai sensori accelerometrici 2a, 2b, connettori per il collegamento con due linee CAN bus e con altre linee di 25 trasmissione dati, ed in particolare con linee di trasmissione dati per l'eventuale

collegamento con altre unità di acquisizione (nel caso del sistema di monitoraggio sismico 1 tali connettori non sono utilizzati) un trasformatore ed una unità di alimentazione; la suddetta memoria di massa è estraibile. Nel caso della unità di acquisizione 3, il sistema di comunicazione con l'utente comprende un touch screen, 5 unitamente ai componenti necessari per il suo funzionamento.

Si sottolinea che l'unità di acquisizione 3 acquisisce i dati trasmessi dai sensori accelerometrici 2a, 2b e memorizza nella propria memoria di massa, parte dei dati acquisiti (secondo modalità e criteri in seguito espressi).

L'unità di acquisizione 3, inoltre, ha la funzione di generatore di clock così che essa 10 scandisce gli istanti in cui i sensori accelerometrici 2a, 2b devono effettuare le misure delle accelerazioni. L'unità di acquisizione 3, per comunicare ai sensori accelerometrici 2a, 2b gli istanti in cui essi devono effettuare le misure delle accelerazioni, utilizza segnali che vengono inviati dall'unità di acquisizione 3 stessa ai sensori accelerometrici 2a, 2b mediante una linea di trasmissione specifica, 15 chiamata "linea di sincronizzazione".

Si evidenzia che in tal modo risulta possibile la misura contemporanea delle accelerazioni, in prefissati istanti, effettuata da tutti i sensori accelerometrici 2a, 2b collegati alla unità di acquisizione 3.

Prendendo in considerazione ciascuno dei quattro sensori accelerometrici 2a, 2b si fa 20 presente quanto segue.

Il microprocessore principale facente parte del sensore accelerometrico 2a, 2b considerato riceve i segnali analogici dai due accelerometri compresi nel suddetto sensore accelerometrico 2a, 2b, campiona tali segnali analogici secondo una prefissata cadenza temporale indicata dalla unità di acquisizione 3 e li converte in 25 dati digitali; il microprocessore principale, inoltre, elabora tali dati digitali. Si fa

notare che in alcuni casi (si legga oltre) il microprocessore principale, in un generico istante t (durante la vita di servizio del sensore accelerometrico 2a, 2b considerato), campiona e prende in conto solo i segnali trasmessi da uno dei due accelerometri (accelerometro di riferimento).

- 5 Una frequenza di campionamento idonea è pari a 1000 Hz.

La elaborazione dei dati effettuata dal microprocessore principale comprende anche la correzione [compensazione] delle misure dell'accelerometro di riferimento in funzione della temperatura del sensore accelerometrico 2a, 2b all'atto della misura; tale temperatura è rilevata dal sensore di temperatura compreso nel sensore 10 accelerometrico 2a, 2b considerato che la trasmette al microprocessore principale. Il microprocessore principale, poi, invia tali dati alla unità di acquisizione 3 mediante la rete CAN bus. Si precisa che il microprocessore principale invia i dati sulla rete CAN bus tramite il driver CAN bus sopra menzionato.

Il suddetto microprocessore principale, poi, controlla periodicamente il 15 funzionamento dei due accelerometri ed attiva ed esegue le procedure di controllo relative al sensore accelerometrico 2a, 2b considerato. Nel caso in cui uno dei suddetti due accelerometri cessi di funzionare correttamente, il suddetto microprocessore principale segnala tale malfunzionamento alla unità di acquisizione 3.

20 In ciascuno dei sensori accelerometrici 2a, 2b, il microprocessore di controllo scambia segnali con il suddetto microprocessore principale per verificarne il corretto funzionamento; se i segnali scambiati tra il microprocessore principale ed il microprocessore di controllo non sono conformi a quanto dovrebbe essere, allora viene trasmesso dal sensore accelerometrico 2a, 2b, e più precisamente dal circuito 25 segnalatore di errori sopra menzionato, un segnale di errore che viene ricevuto dalla

unità di acquisizione 3; tale segnale di errore indica che il sensore accelerometrico 2a, 2b è fuori servizio; per la trasmissione del suddetto segnale di errore viene utilizzata una specifica linea di trasmissione dati.

In accordo con una prima strategia di misura, in ciascun sensore accelerometrico 2a,
5 2b, il microprocessore principale (compreso nel sensore accelerometrico 2a, 2b considerato) tiene in conto, in ogni istante in cui si misura l'accelerazione, le misure effettuate dai due accelerometri in esso compresi, elaborandole al fine di ottenere valori, il più esatti possibile, delle accelerazioni.

In accordo con una seconda strategia di misura, in ciascun sensore accelerometrico
10 2a, 2b, il microprocessore principale (compreso nel sensore accelerometrico 2a, 2b considerato) tiene in conto, in ogni istante in cui si misura l'accelerazione, le misure effettuate da uno soltanto dei due accelerometri (compresi nel sensore accelerometrico 2a, 2b considerato); in tal caso uno dei due accelerometri è considerato l'accelerometro di riferimento e l'altro è considerato l'accelerometro di
15 riserva.

Nel seguito si esamina questa seconda strategia di misura.

I quattro sensori accelerometrici 2a, 2b e la unità di acquisizione 3 sono tra loro collegati via cavo; si precisa che sono presenti due cavi 5; un cavo 5 è collegato ad un sensore accelerometrico 2b, ad un sensore accelerometrico 2a (ambedue posti in
20 corrispondenza di uno dei due pilastri 20a ed al relativo plinto 24a) ed alla unità di acquisizione 3, l'altro cavo 5 è collegato agli altri due sensori accelerometrici 2a, 2b (posti in corrispondenza dell'altro pilastro 20a ed al relativo plinto 24a) ed alla unità di acquisizione 3. I due cavi 5 sono inseriti in canaline 14 porta cavi. Le canaline 14 sono tra loro unite per mezzo di scatole di raccordo e di altri elementi di raccordo.

25 I quattro sensori accelerometrici 2a, 2b e la unità di acquisizione 3 sono tra loro

collegati mediante linee di trasmissione dati; si precisa che l'unità di acquisizione 3 ed i quattro sensori accelerometrici 2a, 2b sono tra loro collegati mediante linee di trasmissione dati comprendenti due linee CAN bus (sulle quali si trasmettono i dati misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b), una linea di sincronizzazione (che è una linea specifica mediante la quale vengono indicati gli istanti in cui i sensori accelerometrici 2a, 2b devono effettuare le misure) ed una linea di trasmissione dei segnali di errore (che è una linea specifica per la trasmissione dei messaggi di malfunzionamento); l'unità di acquisizione 3 è collegata ai relativi sensori accelerometrici 2a, 2b anche mediante una linea elettrica mediante la quale l'unità di acquisizione 3 alimenta i sensori accelerometrici 2a, 2b.

Le suddette linee passano tutte nei due cavi 5.

La unità di acquisizione 3 è collegata ad un gruppo di continuità 6, a sua volta alimentato dalla rete elettrica presente all'interno dell'edificio 10.

Nel caso del sistema di monitoraggio sismico 1 è presente anche un gruppo elettrogeno 12, posto a monte del gruppo di continuità 6. In caso di mancata erogazione di corrente elettrica da parte della rete elettrica esterna, dapprima entra in funzione il gruppo di continuità 6; successivamente, trascorso un certo intervallo di tempo (ad esempio pari a dieci minuti) entra automaticamente in funzione il gruppo elettrogeno 12 che provvede, per lungo tempo, alla erogazione della corrente elettrica necessaria al funzionamento del sistema di monitoraggio sismico 1.

L'unità di acquisizione 3 è posizionata in un punto facilmente accessibile anche dall'esterno dell'edificio 10 e, per quanto possibile, baricentrico rispetto alla posizione dei sensori accelerometrici 2a, 2b, al fine di rendere minima la lunghezza dei cavi 5 (ed in particolare delle linee CAN bus) che collegano i sensori accelerometrici 2a, 2b stessi all'unità di acquisizione 3.

Nella figura 11 è schematicamente indicata parte delle apparecchiature facenti parte del sistema di monitoraggio sismico 1; in particolare sono indicati: un quadro elettrico 17 dell’edificio, il gruppo elettrogeno 12, un quadro elettrico 16 a monte del gruppo di continuità 6, il gruppo di continuità 6, un quadro elettrico 15 a valle 5 del gruppo di continuità 6 e l’unità di acquisizione 3. Il quadro elettrico 16, il gruppo di continuità 6, il quadro elettrico 15 e l’unità di acquisizione 3 sono contenuti all’interno di un armadio 29 il quale è dotato di significative doti di resistenza.

Si sottolinea che il sistema di monitoraggio sismico 1, una volta installato in corrispondenza della struttura 11 ed una volta attivato, funziona ininterrottamente, a 10 meno delle pause dovute a manutenzione o a sostituzione di componenti, per tutta la vita utile della struttura 11.

Nell’unità di acquisizione 3 è inserito un software che permette di evidenziare, ad esempio, con una apposita segnalazione, il malfunzionamento di un sensore accelerometrico 2a, 2b o la mancata alimentazione dello stesso; ciò contribuisce a 15 mantenere sempre in perfetta efficienza il sistema di monitoraggio sismico 1.

Il procedimento per effettuare il monitoraggio sismico della struttura 11 utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 1 comprende le seguenti operazioni:

- esecuzione, da parte dei sensori accelerometrici 2a, 2b, delle misure di accelerazione dei punti della struttura 11 in corrispondenza dei quali i sensori accelerometrici 2a, 2b stessi sono posizionati; ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b trasmette, in tempo reale, le misure effettuate alla unità di acquisizione 3, a cui è collegato; le suddette misure sono effettuate, con una prefissata frequenza (e quindi con una prefissata cadenza temporale), negli istanti indicati ai sensori accelerometrici 2a, 2b dalla unità di acquisizione 3;
- 25 – acquisizione, da parte della unità di acquisizione 3, dei dati misurati dai sensori

accelerometrici 2a, 2b e memorizzazione, da parte della unità di acquisizione 3, nella propria memoria di massa, che è estraibile, di parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b stessi; l'unità di acquisizione 3 memorizza nella propria memoria di massa, oltre alla suddetta parte dei valori delle accelerazioni misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b ad essa collegati, anche gli istanti in cui essi sono misurati;

5 – recupero, dopo un evento sismico che interessa la struttura 11, dei dati memorizzati dall'unità di acquisizione 3; tale recupero è effettuato accedendo alla memoria di massa, che è estraibile, della unità di acquisizione 3 ed estraendo la suddetta memoria di massa dalla unità di acquisizione 3 stessa;

10 – trasferimento dei suddetti dati memorizzati (e recuperati) ad un computer esterno, che non fa parte del suddetto sistema di monitoraggio sismico 1 e che è posto al di fuori della struttura 11 monitorata; per mezzo del suddetto computer esterno, a partire dalle time history (storie temporali) delle accelerazioni dei punti della 15 struttura 11 nei quali i sensori accelerometrici 2a, 2b sono posizionati, si calcolano le time history (storie temporali) degli spostamenti dei suddetti punti della struttura 11.

Si evidenzia che il suddetto recupero dei dati ed il suddetto trasferimento dei dati al suddetto computer esterno sono effettuati con operazioni manuali.

20 Con riferimento al suddetto procedimento si precisa quanto segue.

I sensori accelerometrici 2a, 2b misurano, secondo la prefissata cadenza temporale indicata dalla unità di acquisizione 3, le accelerazioni dei punti della struttura 11 in corrispondenza dei quali essi sono posizionati (tali punti sono punti significativi della struttura 11) e trasmettono in tempo reale tali dati alla unità di acquisizione 3

25 (a cui essi sono collegati).

L’unità di acquisizione 3 acquisisce i dati misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b e memorizza nella sua memoria di massa parte dei dati misurati dai sensori accelerometri 2a, 2b (collegati alla unità di acquisizione 3). Si anticipa che la unità di acquisizione 3 memorizza nella propria memoria di massa unicamente dati di accelerazione individuati come “critici”. La unità di acquisizione 3 memorizza, poi, nella sua memoria di massa, oltre ai valori delle accelerazioni, anche gli istanti in cui tali valori sono misurati.

Dopo un evento sismico che interessa la struttura 11, i dati memorizzati dalla unità di acquisizione 3 vengono recuperati accedendo alla memoria di massa della unità di acquisizione 3. Il recupero dei dati è effettuato da un operatore che estraе la memoria di massa (la chiave USB sopra menzionata) dalla unità di acquisizione 3.

I dati memorizzati (e recuperati) vengono trasferiti ad un computer esterno. Si sottolinea che con l’espressione “computer esterno” si intende un computer che non è “correlato” al sistema di monitoraggio sismico 1 e che, ovviamente è posto esternamente alla struttura 11, in corrispondenza della quale è installato il sistema di monitoraggio sismico 1.

Per mezzo del suddetto computer esterno, a partire dalle time history (storie temporali) delle accelerazioni misurate nei punti significativi della struttura 11 da parte dei sensori accelerometrici 2a, 2b ivi installati, si calcolano le time history (storie temporali) degli spostamenti dei suddetti punti significativi della struttura 11.

I sensori accelerometrici 2a, 2b sono posti in numero ed in posizione tale da poter sufficientemente caratterizzare il comportamento dell’edificio 10 o, meglio, il comportamento della struttura 11. Una volta che il sistema di monitoraggio sismico 1 è stato attivato, i sensori accelerometrici 2a, 2b misurano e trasmettono all’unità di acquisizione 3 le accelerazioni dei punti, appartenenti ai due pilastri 20a ed ai

relativi plinti 24a, in corrispondenza dei quali i sensori accelerometrici 2a, 2b stessi sono installati; i valori delle accelerazioni vengono rilevati ininterrottamente, secondo una opportuna frequenza di campionamento.

L'unità di acquisizione 3, al fine di memorizzare nella propria memoria di massa 5 unicamente parte dei dati ad essa trasmessi dai sensori accelerometrici 2a, 2b ad essa collegati, effettua, sostanzialmente in tempo reale, una elaborazione dei dati suddetti.

Si precisa che per limitare (per quanto possibile) l'impegno della memoria di massa della unità di acquisizione 3, ed al fine di memorizzare nella memoria di massa 10 stessa unicamente dati che siano critici, si adotta, nel caso del sistema di monitoraggio sismico 1, un procedimento di memorizzazione di tipo discontinuo, secondo il quale, così come è stato sopra anticipato e come è di seguito meglio indicato, vengono memorizzati unicamente dati critici.

Si è sopra scritto che l'unità di acquisizione 3 memorizza una parte dei dati acquisiti 15 dai sensori accelerometrici 2a, 2b (ad essa collegati); di seguito si illustra la procedura con cui la unità di acquisizione 3 memorizza tale parte dei dati. Si fa presente che (in questo caso) il suddetto procedimento per effettuare il monitoraggio sismico della struttura 11 comprende anche una elaborazione da parte della unità di acquisizione 3 dei dati ad essa trasmessi dai sensori accelerometrici 2a, 2b (i quali 20 sono ad essa collegati).

Si ricorda che ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b è del tipo triassiale e misura, quindi, tre componenti dell'accelerazione secondo una prefissata terna di assi cartesiani ortogonali.

L'unità di acquisizione 3 effettua la suddetta elaborazione dei dati suddividendo i 25 dati ricevuti dai sensori accelerometrici 2a, 2b (ad essa collegati) in pacchetti di dati

e calcolando parametri di riferimento, relativi ai dati contenuti in ciascuno di tali pacchetti di dati, al fine di individuare, seguendo prefissati criteri, se i valori di tali parametri sono superiori a prefissati valori di soglia; se ciò si verifica, e quindi se il pacchetto di dati esaminato è individuato come “critico” la unità di acquisizione 3

5 memorizza nella sua memoria di massa tale pacchetto di dati ed un prefissato numero di pacchetti di dati, antecedenti il pacchetto di dati che sta elaborando, mantenuti nella memoria RAM della unità di acquisizione 3.

L’unità di acquisizione 3 continua la memorizzazione dei dati trasmessi dai quattro sensori accelerometrici 2a, 2b per un tempo sufficientemente lungo, misurato a

10 partire dall’istante in cui l’unità di acquisizione 3 ha individuato l’ultimo pacchetto di dati critico.

I parametri di riferimento sopra menzionati, nel caso in esame, sono il valore efficace o il valore picco - picco di un gruppo di dati, così come è sotto meglio specificato.

15 Di seguito si riportano, alcune ulteriori informazioni riguardanti la procedura di memorizzazione seguita dall’unità di acquisizione 3.

L’unità di acquisizione 3 suddivide continuamente, secondo una prefissata cadenza temporale (frequenza), i dati misurati dai sensori accelerometrici 2a, 2b (tali dati sono relativi a ciascuna delle tre componenti dell’accelerazione misurate da ognuno

20 dei quattro sensori accelerometrici 2a, 2b) in pacchetti di dati, tutti composti da un medesimo prefissato numero di dati.

Detto t_1 l’istante in cui inizia la formazione di un generico pacchetto di dati e detto t_2 l’istante in cui termina la formazione di tale pacchetto di dati, si ha che l’intervallo temporale in cui il suddetto pacchetto di dati è formato, è pari a $t_2 - t_1$. Tale

25 intervallo temporale è uguale e resta uguale nel tempo per tutti i pacchetti di dati.

Nell’istante t_{2i} , in cui viene completato il pacchetto di dati i-esimo, sono presenti nella memoria RAM della unità di acquisizione 3 il pacchetto di dati i-esimo e gli N ultimi (più recenti) pacchetti di dati formati immediatamente prima dell’i-esimo pacchetto di dati essendo N un prefissato numero intero, che può essere, ad esempio, 5 compreso tra 5 e 30.

Ciascun pacchetto di dati comprende un insieme di gruppi di dati; ciascun gruppo di dati è relativo ad una delle tre componenti dell’accelerazione misurate da uno dei quattro sensori accelerometrici 2a, 2b.

Il numero dei gruppi di dati compresi in un generico pacchetto di dati è, dunque, pari 10 al numero dei sensori accelerometrici 2a, 2b (in questo caso pari a quattro) collegati all’unità di acquisizione 3 moltiplicato per il numero delle componenti (in questo caso pari a tre) dell’accelerazione misurate da ciascun sensore accelerometrico 2a, 2b.

La unità di acquisizione 3, dopo aver formato il pacchetto di dati i-esimo, procede 15 alla formazione del pacchetto di dati successivo ed elabora i dati del pacchetto di dati i-esimo; in particolare la unità di acquisizione 3 elabora i dati di ciascuno dei suddetti gruppi di dati compresi nel suddetto pacchetto di dati i-esimo per individuare se almeno uno di tali gruppi di dati è da considerarsi critico.

Se tutti i gruppi di dati compresi nel pacchetto di dati i-esimo risultano non “critici” 20 la unità di acquisizione 3 non memorizza nella sua memoria di massa i dati del pacchetto di dati i-esimo.

Se anche un solo gruppo di dati, facente parte del pacchetto di dati i-esimo, risulta critico, l’unità di acquisizione 3 memorizza nella sua memoria di massa i dati contenuti nel pacchetto di dati i-esimo che viene individuato come “pacchetto di dati 25 critico”. La unità di acquisizione 3, inoltre, memorizza nella sua memoria di massa

gli N pacchetti di dati presenti nella sua memoria RAM precedentemente formati; i suddetti pacchetti di dati sono quelli immediatamente precedenti il suddetto pacchetto di dati critico.

L'unità di acquisizione 3 continua a memorizzare nella propria memoria di massa

5 tutti i dati trasmessi dai quattro sensori accelerometrici 2a, 2b e continua a formare i pacchetti di dati e ad elaborare i dati di ciascun pacchetto di dati, al fine di individuare i pacchetti di dati critici (eventualmente presenti); l'unità di acquisizione 3 interrompe la memorizzazione dei dati nella propria memoria di massa solo dopo

10 che è trascorso un prefissato intervallo di tempo (pari a J volte l'intervallo temporale in cui ciascun pacchetto di dati è formato) durante il quale l'unità di acquisizione 3 non ha rilevato alcun pacchetto di dati critico.

Il numero J è un prefissato numero intero (J può essere, ad esempio, pari a 50).

Si sottolinea che la unità di acquisizione 3 continua a memorizzare nella propria memoria di massa tutti i dati trasmessi dai quattro sensori accelerometrici 2a, 2b;

15 l'unità di acquisizione 3, inoltre, continua a formare i pacchetti di dati e ad elaborare i dati compresi in ciascun pacchetto di dati, al fine di individuare i pacchetti di dati critici. Dopo aver individuato il primo pacchetto di dati critico, in caso di evento sismico, l'unità di acquisizione 3 individua successivamente altri pacchetti di dati critici; ciò si verifica durante tutto l'evento sismico e quindi per un certo tempo a

20 partire dall'istante in cui l'unità di acquisizione 3 ha individuato il primo pacchetto di dati critico. Successivamente, una volta cessata l'azione sismica relativa all'evento sismico considerato, l'unità di acquisizione 3 continua a memorizzare i dati relativi ai pacchetti di dati che essa continua a formare e ad elaborare, fino a che non è trascorso un prefissato intervallo di tempo (stabilito in sede di progetto del

25 sistema di monitoraggio sismico 1), durante il quale l'unità di acquisizione 3 non

individua alcun pacchetto di dati critico. Tale tempo è conteggiato a partire dall’istante finale dell’ultimo intervallo di tempo in cui è stato formato, dalla unità di acquisizione 3, un pacchetto di dati riconosciuto, dopo la sua elaborazione, come pacchetto di dati critico.

- 5 Si sottolinea che, all’inizio di un evento sismico (a favore di sicurezza), anche se uno solo dei sensori accelerometrici 2a, 2b misura dati tali per cui un gruppo di tali dati risulta critico, allora tutto il pacchetto di dati, di cui fa parte il gruppo di dati critico, viene individuato come critico e l’unità di acquisizione 3 inizia a memorizzare dati nella propria memoria di massa.,
- 10 Vari possono essere i parametri ed i criteri per individuare se un pacchetto di dati è critico.

Il criterio più semplice, ed anche quello adottato dai sistemi di monitoraggio sismico 1, 30, 60 illustrati nella presente descrizione, consiste nel definire che un pacchetto di dati è critico se anche uno solo dei gruppi di dati in esso compresi risulta critico.

- 15 È evidente che, in linea di principio possono essere seguiti anche altri criteri quali ad esempio quello di definire che un pacchetto di dati è critico se di esso si individuano più di uno gruppi di dati critici..

Vari, poi, possono essere i parametri seguiti per individuare se un gruppo di dati (appartenente ad un generico pacchetto di dati) è critico oppure non è critico.

- 20 Un parametro che può essere preso come riferimento è il valore efficace del gruppo di dati (tale valore efficace è indicato spesso con l’acronimo RMS, che sta per “root mean square”).

In questo caso, in generale, ciascuna delle una o più unità di acquisizione, durante l’esame di ciascun pacchetto di dati, calcola il valore efficace di ciascuno dei gruppi

- 25 di dati compresi nel suddetto pacchetto di dati; per ciascun gruppo di dati il valore

efficace calcolato viene confrontato con un prefissato valore di soglia (valore di soglia RMS). Se il valore efficace del gruppo di dati esaminato è maggiore del suddetto valore di soglia, allora tale gruppo di dati è considerato critico.

Se, dunque il valore efficace del gruppo di dati esaminato è maggiore di un 5 prefissato valore di soglia (valore di soglia RMS), l'unità di acquisizione considerata considera "critico" tale gruppo di dati e conseguentemente (secondo il criterio sopra scritto) individua come "critico" il pacchetto di dati di cui fa parte il suddetto gruppo di dati critico.

Il suddetto valore di soglia è stato stabilito in sede di progetto del sistema di 10 monitoraggio sismico ed è stato introdotto nella unità di acquisizione considerata, all'atto della installazione del sistema di monitoraggio sismico stesso.

Un altro parametro che può essere preso come riferimento per giudicare se un pacchetto è critico è il valore picco – picco del gruppo di dati.

In questo caso ciascuna delle una o più unità di acquisizione, durante l'esame di 15 ciascun pacchetto di dati, calcola il valore picco - picco di ciascuno dei gruppi di dati compresi nel suddetto pacchetto di dati; per ciascun gruppo di dati il valore picco – picco calcolato viene confrontato con un prefissato valore di soglia (valore di soglia picco - picco). Se il valore picco – picco del gruppo di dati esaminato è maggiore del suddetto valore di soglia (valore di soglia picco - picco), allora tale 20 gruppo di dati è considerato critico.

Se, dunque, il valore picco – picco del gruppo di dati esaminato è maggiore di un prefissato valore di soglia (valore di soglia picco - picco), l'unità di acquisizione considerata considera "critico" tale gruppo di dati e conseguentemente (secondo il criterio sopra scritto) individua come "critico" il pacchetto di dati di cui fa parte il 25 suddetto gruppo di dati critico.

Nel caso in cui si adotti il criterio del valore picco – picco occorre essere certi che non siano presenti spike nei suddetti pacchetti di dati oppure occorre che essi siano in qualche modo individuabili come “anomalie” del segnale. (VEDI).

E’ evidente che, nella determinazione del valore di soglia che individua la “criticità” 5 del gruppo di dati, occorre tener conto del rumore di fondo dei sensori accelerometrici 2a, 2b in modo da discostarsi opportunamente dai valori relativi al suddetto rumore di fondo.

Secondo una possibile variante di realizzazione i valori di soglia (si intende: o il valore di soglia picco – picco o il valore di soglia RMS) possono essere diversi per 10 ciascuno dei sensori accelerometrici 2a, 2b.

Si sottolinea che, secondo altre possibili varianti di realizzazione si possono utilizzare altri criteri per avviare il processo di memorizzazione. In ogni caso il processo di memorizzazione è tale per cui dall’istante di inizio processo di memorizzazione, fino all’istante di fine processo di memorizzazione vengono 15 memorizzati nella memoria di massa della unità di acquisizione 3 tutti i pacchetti di dati che vengono trasmessi all’unità di acquisizione 3 stessa dai quattro sensori accelerometrici 2a, 2b; vengono inoltre memorizzati nella suddetta memoria di massa gli N pacchetti di dati (precedentemente formati) presenti nella memoria RAM nell’istante di inizio processo di memorizzazione.

20 Si fa presente che il sistema di memorizzazione sopra illustrato, che si basa sulla individuazione dei pacchetti di dati critici, non costituisce un sistema di riconoscimento sismico in quanto qualunque eccitazione dinamica superiore al valore di soglia di anche una sola delle tre componenti dell’accelerazione misurate (secondo un sistema di riferimento prefissato) da uno dei quattro sensori 25 accelerometrici 2a, 2b, attiva la memorizzazione dei dati (si intende: delle tre

componenti dell’accelerazione) misurati da tutti i quattro sensori accelerometrici 2a, 2b. La memorizzazione dei dati può dunque essere attivata, oltre che in caso di sisma, anche a causa di eventi accidentali (di natura non sismica) che eccitano soltanto una delle tre componenti di accelerazione di uno dei quattro sensori

5 accelerometrici 2a, 2b. In questo caso si ha che vengono memorizzati nella memoria di massa della unità di acquisizione 3 dati che non sono relativi ad un evento sismico; ciò non crea particolari conseguenze se non il fatto che viene inutilmente occupata una parte della suddetta memoria di massa della unità di acquisizione 3. Si

10 è sopra descritto il sistema di monitoraggio sismico 1 nel quale l’unità di acquisizione 3 memorizza parte dei dati ricevuti dai sensori accelerometrici 2a, 2b.

Si sottolinea che, utilizzando tale espressione, si intende affermare che l’unità di acquisizione 3 memorizza soltanto i dati, relativi ad intervalli temporali nei quali almeno uno dei sensori accelerometrici 2a, 2b ha individuato valori delle accelerazioni valutati come “critici”, intendendo con ciò che essi “sono maggiori”

15 dei dati solitamente misurati (ed, in particolare, maggiori dei relativi prefissati valori di soglia) e sono dunque “potenzialmente significativi” ai fini del monitoraggio sismico della struttura 11 (si ricorda che vengono memorizzati anche i dati degli intervalli temporali prossimi agli intervalli temporali in cui si sono rilevati pacchetti di dati critici).

20 Si evidenzia che, secondo quanto è stato sopra scritto si considera “critico” un pacchetto di dati se esso contiene un gruppo di dati “critico”.

Un gruppo di dati è critico se i dati in esso contenuti non sono “tipici”; tali dati, infatti presentano un’anomalia rispetto ai dati che normalmente fanno parte dei gruppi di dati. Tale anomalia è costituita dalla presenza di valori dell’accelerazione

25 maggiori di quelli comunemente acquisiti e maggiori di un valore di soglia

prefissato; tale anomalia viene individuata, seguendo criteri prefissati ed effettuando apposite procedure di calcolo.

Si fa notare che la definizione di “gruppo di dati critico”, e quindi di “pacchetto di dati critico”, sta semplicemente ad indicare che esso deve essere memorizzato nella memoria di massa dell’unità di acquisizione 3 (o, più in generale, nella memoria di massa della unità di acquisizione a cui è collegato il sensore accelerometrico). Dal punto di vista sismico, tale pacchetto di dati, nel quale è stata rinvenuta una “anomalia” rispetto alle misure tipiche, può essere dovuto ad un evento sismico, ma può essere dovuto ad un’altra causa di origine dinamica, quale, un urto, o l’effetto di una macchina posta all’interno dell’edificio che induce vibrazioni.

Uno dei vantaggi connessi alla memorizzazione dei dati solo se essi vengono considerati critici (o temporalmente prossimi a dati critici), e quindi potenzialmente significativi nei riguardi del monitoraggio sismico, consiste nel fatto di poter risparmiare memoria di massa nell’unità di acquisizione 3, così da poter disporre, nella suddetta memoria di massa, nel generico istante t_0 , di dati (non cancellati) relativi ad un intervallo temporale, precedente t_0 , di notevole durata.

Durante l’esercizio del sistema di monitoraggio sismico 1, quando la memoria di massa della unità di acquisizione 3 è sostanzialmente piena, i pacchetti di dati relativi ad un evento caratterizzato dalla presenza di almeno un pacchetto di dati critico vengono memorizzati dalla unità di acquisizione 3 nella sua memoria di massa, dopo aver cancellato i dati meno recenti (i dati più vecchi) presenti nella memoria di massa stessa.

Nel caso in cui si verifichi un evento sismico, il Responsabile dell’edificio 10 estratta la memoria di massa dell’unità di acquisizione 3 trasmette i dati ad un centro di elaborazione che può (ad esempio) essere gestito, o almeno coordinato, dal

produttore del sistema di monitoraggio sismico 1; unitamente ai suddetti dati il Responsabile dell’edificio 10 trasmette anche le indicazioni utili per l’elaborazione dei dati quali i parametri che individuano i filtri (realizzati mediante calcolo numerico) da utilizzare per l’analisi dei segnali.

- 5 Si sottolinea che i dati trasmessi dal Responsabile dell’edificio 10 sono costituiti dalle time history delle accelerazioni misurate; si evidenzia che tali dati contengono i valori delle accelerazioni e gli istanti in cui tali valori sono stati misurati.

- Il suddetto centro di elaborazione dati, utilizzando un computer (che è il computer esterno sopra menzionato) effettua la doppia integrazione nel dominio del tempo dei 10 valori delle accelerazioni misurate durante l’evento sismico, calcolando i valori degli spostamenti dei punti della struttura 11 in cui sono posizionati i sensori accelerometrici 2a, 2b; dalla suddetta elaborazione si ottengono, dunque, le time history di tali spostamenti.

- Tali time history degli spostamenti, unitamente alle time history delle accelerazioni 15 misurate dai sensori accelerometrici 2a, 2b costituiscono dei dati assai importanti per poter interpretare quale è stata la risposta della struttura 11 all’evento sismico suddetto.

- Si fa presente che tra le time history delle accelerazioni misurate sono presenti anche le time history delle accelerazioni misurate dai sensori accelerometrici 2b posti in 20 corrispondenza della fondazione 24 (più precisamente posti in corrispondenza dei plinti 24a); si ha dunque che i sensori accelerometrici 2b forniscono direttamente i valori delle accelerazioni, dovute all’evento sismico, relative alle fondazioni 24 stesse.

- Il Responsabile dell’edificio 10, riceve poi dal suddetto centro di elaborazione dati 25 la relazione contenente i risultati dei calcoli degli spostamenti ed i dati, ordinati

secondo un prefissato formato di lettura, delle accelerazioni misurate dal sistema di monitoraggio sismico 1. Il responsabile dell’edificio 10 trasmette poi all’ingegnere, incaricato di verificare l’edificio 10 dopo l’evento sismico, la suddetta relazione redatta dal centro di elaborazione dati; si evidenzia che tale relazione comprende le

5 time history delle accelerazioni e le time history degli spostamenti dei punti della struttura 11 in cui sono stati posizionati i sensori accelerometrici 2a, 2b (punti significativi della struttura 11). Il Responsabile dell’edificio 10 trasmette al suddetto ingegnere (oltre a tutti gli elaborati progettuali dell’edificio 10 e della struttura 11) anche gli elaborati grafici relativi al progetto del sistema di monitoraggio sismico 1

10 con l’ubicazione, la denominazione e l’orientamento di tutti i sensori accelerometrici 2a, 2b, oltre che della unità di acquisizione 3.

Si fa presente che, immediatamente dopo l’evento sismico, l’edificio 10 è stato precauzionalmente evacuato; la ripresa delle attività all’interno dell’edificio 10 è subordinata alla verifica che il suddetto ingegnere deve fare dell’edificio 10 stesso

15 ed in particolare della struttura 11.

L’ingegnere, oltre ai dati tradizionalmente ricavabili da sopralluoghi e quindi dalla osservazione dell’edificio 10 ed in particolare dalla osservazione della struttura 11, dispone di ulteriori dati, che sono quelli forniti dal sistema di monitoraggio sismico 1 (misure di accelerazione) e quelli ottenuti dalla suddetta elaborazione delle misure

20 di accelerazione. Tali dati ottenuti grazie al sistema di monitoraggio sismico 1 rivestono, di regola, una notevole importanza: da essi infatti sono ricavabili (pur con le inevitabili approssimazioni ed incertezze) i valori delle accelerazioni in corrispondenza delle fondazioni 24, i valori delle accelerazioni in corrispondenza dell’impalcato di copertura 21, i valori degli spostamenti relativi tra la base e la

25 sommità dei pilastri 20a (ed anche i valori degli spostamenti relativi tra la base e la

sommità dei pilastri 20b) ed i valori dei drift dei pilastri 20a (ed anche i valori dei drift dei pilastri 20b) durante l'evento sismico; in particolare sono ricavabili, sia le time history di tali parametri, sia i valori massimi raggiunti da tali parametri durante l'evento sismico.

- 5 Si ricorda che la struttura 11 è tale per cui in essa sono impediti meccanismi di rottura fragili e sono possibili unicamente meccanismi di rottura duttili; tali meccanismi di rottura sono legati alla formazione di cerniere plastiche in corrispondenza della base dei pilastri 20a, 20b. Si evidenzia che i pannelli orizzontali 25 di calcestruzzo armato, posti nella zona dell'edificio 10 prossima al
- 10 piano campagna, sono vincolati ai pilastri 20a, 20b in modo tale da non interferire (in modo apprezzabile) con le deformazioni dei pilastri 20a, 20b stessi. Tutti i pilastri 20a, 20b possono essere considerati incastriati alla base ed incernierati in sommità (si fa notare che la posizione della cerniera di sommità assume due valori: uno relativo allo schema statico di telaio longitudinale e l'altro relativo allo schema
- 15 statico di telaio trasversale). Si è sopra scritto che l'impalcato di copertura 21 è tale da poter essere considerato rigido nel suo piano; inoltre anche le fondazioni 24 (considerate globalmente) possono essere considerate rigide nel loro piano, così che l'ingegnere, tenendo conto di tali condizioni, può calcolare i drift di tutti i pilastri 20a, 20b (ed anche 20c) della struttura 11 e non solo i drift dei pilastri 20a
- 20 direttamente monitorati.

L'ingegnere dunque, per effettuare la verifica dell'edificio 10, ed in particolare della struttura 11 dispone, oltre ai risultati ottenuti dalla osservazione visiva degli effetti delle azioni sismiche sulla struttura 11, anche di dati riguardanti l'effettiva risposta sismica della struttura 11 (sono noti infatti le accelerazioni e gli spostamenti dei

25 suddetti punti significativi della struttura 11) misurati durante l'evento sismico.

L’ingegnere dispone dunque di misure dirette effettuate dal sistema di monitoraggio sismico 1 sulla struttura 11, all’atto del verificarsi dell’evento sismico. L’ingegnere dispone, inoltre, di risultati ottenuti elaborando le suddette misure.

Dopo l’esame di tutti i risultati in suo possesso l’ingegnere decide se è possibile 5 riprendere immediatamente le attività all’interno dell’edificio 10 o se occorre effettuare interventi di ristrutturazione o di ripristino relativi alla struttura 11 o comunque all’edificio 10.

E’ evidente che affinché i risultati forniti dal sistema di monitoraggio sismico 1 siano (particolarmente) utili è necessario che i sensori accelerometrici 2a, 2b siano 10 posti in punti “rappresentativi” del comportamento della struttura 11, in punti, cioè dove la conoscenza delle accelerazioni, o meglio degli spostamenti, risulta particolarmente importante ai fini della determinazione della risposta dinamica della struttura 11 all’evento sismico.

Si evidenzia, in generale, che la scelta del numero e del posizionamento dei sensori 15 accelerometrici, all’atto della progettazione del sistema di monitoraggio sismico, deve essere fatta da un ingegnere strutturista, dopo aver studiato attentamente la struttura da monitorare ed, in particolare, dopo aver individuato tutti i meccanismi di rottura locali e globali e dopo aver impedito, con opportuni dimensionamenti e dettagli costruttivi, i possibili meccanismi di rottura fragili.

20 Si evidenzia (in generale) che lo studio dell’edificio, ed in particolare della struttura dell’edificio stesso, risultano necessari per progettare correttamente il sistema di monitoraggio sismico da utilizzare. Nel caso di struttura di nuova costruzione le informazioni riguardanti la struttura da monitorare sono disponibili presso l’ingegnere progettista della struttura; tale ingegnere progettista conosce al meglio la 25 struttura e quindi sa identificarne i punti significativi ai fini della determinazione

della risposta della struttura ad un evento sismico. Inoltre, in alcuni casi, si può supporre che l'ingegnere progettista di una struttura sia anche colui che poi, una volta che si è verificato un evento sismico che ha interessato la suddetta struttura, viene incaricato di verificare la situazione post-sisma della struttura (o meglio 5 dell'edificio di cui tale struttura fa parte).

- Il sistema di monitoraggio sismico si presenta, dunque, per così dire, come costituito da un insieme di “strumenti” dell’ingegnere progettista posizionati nei punti della struttura, indicati dall’ingegnere stesso, relativamente ai quali egli vuol conoscere, in caso di evento sismico, i valori delle accelerazioni e degli spostamenti.
- 10 Facendo riferimento alle figure 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 si descrive il sistema di monitoraggio sismico 30, ottenuto secondo il presente trovato, secondo un’altra forma di realizzazione. Il sistema di monitoraggio sismico 30 è installato in corrispondenza di una struttura 41 di calcestruzzo armato di un edificio 40 ad uso commerciale. L’edificio 40 è di nuova costruzione; la struttura 41 comprende 15 elementi strutturali di calcestruzzo armato e di calcestruzzo armato precompresso ed è tale per cui in essa sono impediti meccanismi di rottura fragili e sono possibili unicamente meccanismi di rottura duttili. La struttura 41 comprende pilastri 50a, 50b prefabbricati in calcestruzzo armato, un impalcato di copertura 51 e fondazioni 54 realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. L’impalcato di copertura 51 comprende travi 51a, 51b prefabbricate in calcestruzzo armato precompresso e tegoli 51c prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso.
- 20 L’edificio 40 è posto in una zona sismica. La pianta dell’edificio 40 presenta un cortile interno di dimensioni significative; inoltre l’impalcato di copertura 51 presenta anche lucernari, non illustrati nelle figure, la cui presenza contribuisce a 25 rendere “deformabile” nel suo piano l’impalcato di copertura 51 stesso. Da quanto è

sopra scritto si ha che l’impalcato di copertura 51 della struttura 41, pur formato da elementi prefabbricati tra loro connessi, non può essere considerato (completamente) rigido nel suo piano (contrariamente a quanto accade, ad esempio, nel caso della struttura 11 che, invece, può essere considerata dotata di impalcato “rigido”).

5 Le fondazioni 54 comprendono plinti 54a, 54b “a bicchiere” e travi di collegamento 54c le quali sostanzialmente impediscono gli spostamenti relativi, nel piano orizzontale, tra i suddetti plinti 54a, 54b. E’ inoltre presente una soletta di calcestruzzo armato che costituisce la pavimentazione industriale dell’edificio 40.

Le fondazioni 54 si estendono su una superficie simile a quella dell’impalcato di 10 copertura 51; le fondazioni 54 hanno, dunque, estensione notevole; inoltre si ha che il terreno sul quale le fondazioni 54 insistono è (sostanzialmente) non omogeneo.

Si fa presente che gli elementi strutturali che formano la struttura 41 sono tra loro collegati secondo i criteri della gerarchia delle resistenze; i suddetti elementi strutturali e le unioni tra gli elementi strutturali medesimi sono realizzati con criteri 15 e con dettagli costruttivi tali per cui sono evitate rotture fragili, restando dunque unicamente possibili meccanismi di rottura di tipo duttile.

Il tamponamento, sulle quattro facciate dell’edificio 40, comprende pannelli orizzontali 55 di calcestruzzo armato, i quali costituiscono una prima fascia del tamponamento, e pannelli sandwich 56, composti da due lamiere metalliche e strato 20 isolante interposto, posti al di sopra di tale prima fascia; i pannelli sandwich 56 sono dotati di opportune strutture di baraccatura, non indicate, per semplicità, nelle figure.

Il sistema di monitoraggio sismico 30 comprende:

- sedici sensori accelerometrici 32a, 32b posizionati in corrispondenza di punti significativi della struttura 41; gli otto sensori accelerometrici 32a sono 25 posizionati in corrispondenza dell’intradosso dell’impalcato di copertura 51; gli

otto sensori accelerometrici 32b sono posizionati in corrispondenza delle fondazioni 54; si precisa che gli otto sensori accelerometrici 32a sono posizionati in corrispondenza dei pilastri 50a; gli otto sensori accelerometrici 32b sono posizionati in corrispondenza dell'estradosso dei plinti 54a, in prossimità dei pilastri 50a ed all'interno di altrettanti pozzetti 58 (teoricamente equivalenti ai pozzetti 28) posti in adiacenza ai pilastri 50a;

5 - due unità di acquisizione 33a, 33b a cui sono collegati i sensori accelerometrici 32a, 32b; le due unità di acquisizione 33a, 33b ininterrottamente ricevono i dati provenienti dai sensori accelerometrici 32a, 32b a cui sono collegate; una delle 10 due unità di acquisizione (la unità di acquisizione 33a) è la unità di acquisizione master, l'altra unità di acquisizione (la unità di acquisizione 33b) è la unità di acquisizione slave.

Il sistema di monitoraggio sismico 30, una volta installato in corrispondenza della struttura 41 ed una volta attivato, funziona ininterrottamente, a meno delle pause 15 dovute a manutenzione o a sostituzione di componenti, per tutta la vita utile della struttura 41.

I sensori accelerometrici 32a, 32b sono tecnicamente equivalenti ai sensori accelerometrici 2a, 2b.

I sensori accelerometrici 32a, 32b misurano, con una prefissata frequenza, i valori 20 delle accelerazioni dei punti in cui i sensori accelerometrici 32a, 32b stessi sono posizionati. L'unità di acquisizione 33a (master) sincronizza le misure di tutti e sedici i sensori accelerometrici 32a, 32b compresi nel sistema di monitoraggio sismico 30 indicando a tutti e sedici i sensori accelerometrici 32a, 32b gli istanti in cui essi devono effettuare le misure (di accelerazione).

25 Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b comprende, oltre ad una memoria

RAM, una memoria di massa nella quale viene memorizzata parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b collegati alla unità di acquisizione 33a, 33b considerata e trasmessi dai suddetti sensori accelerometrici 32a, 32b alla unità di acquisizione 33a, 33b stessa; nella suddetta memoria di massa vengono anche 5 memorizzati gli istanti in cui tali dati sono stati misurati; tale memoria di massa è estraibile ed è costituita da una chiave USB dotata di adeguata capacità di memoria. Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b conserva nella sua memoria di massa unicamente i dati più recenti, cancellando i dati meno recenti prima di introdurre nuovi dati; in tal modo ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b 10 mantiene aggiornata la propria memoria di massa.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b fornisce anche la necessaria energia elettrica ai sensori accelerometrici 32a, 32b che sono ad essa collegati.

Il sistema di monitoraggio sismico 30, nel caso in cui la struttura 41 sia sottoposta ad azioni sismiche, è atto ad essere utilizzato per poter individuare, oltre alle 15 accelerazioni, anche gli spostamenti dei suddetti punti della struttura 41 nei quali sono posizionati i sensori accelerometrici 32a, 32b; i suddetti spostamenti sono ottenuti mediante elaborazione, eseguita dopo l'evento sismico, delle misure di accelerazione effettuate dai sensori accelerometrici 32a, 32b; tale elaborazione è effettuata mediante un computer esterno che non fa parte del sistema di 20 monitoraggio sismico 30 e che è posto al di fuori della struttura 41 monitorata.

Si precisa che gli spostamenti suddetti vengono calcolati effettuando una doppia integrazione nel dominio del tempo, delle time history delle accelerazioni misurate.

La unità di acquisizione 33b (slave) e la unità di acquisizione 33a (master) sono collegate ai relativi sensori accelerometrici 32a, 32b; la unità di acquisizione 33b 25 (slave) è collegata alla unità di acquisizione 33a (master).

- Si evidenzia che la unità di acquisizione 33a (master) sincronizza le misure di tutti i sensori accelerometrici 32a, 32b indicando ai sensori accelerometrici 32a, 32b stessi gli istanti in cui essi devono effettuare le misure di accelerazione; tale sincronizzazione viene attuata utilizzando segnali inviati, mediante una specifica
- 5 linea di trasmissione (che è la prima linea di sincronizzazione), dalla unità di acquisizione 33a master a tutti i sedici sensori accelerometrici 32a, 32b. In tal modo si ha che i sedici sensori accelerometrici 32a, 32b effettuano tutti “contemporaneamente”, in prefissati istanti, le misure di accelerazione.
- Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b, che è tecnicamente equivalente
- 10 alla unità di acquisizione 3, comprende un microprocessore, un sistema di comunicazione con l’utente (comprendete un touch screen ed i componenti necessari per il funzionamento del touch screen stesso), una memoria RAM, una memoria di massa nella quale viene memorizzata parte dei dati trasmessi dai sensori accelerometrici 32a, 32b, un generatore di clock, un USB bus driver per la gestione
- 15 della memoria di massa, un circuito per l’ingresso dei messaggi di errore provenienti dai sensori accelerometrici 32a, 32b, connettori per il collegamento con due linee CAN bus e con altre linee di trasmissione dati, connettori per il collegamento con l’altra unità di acquisizione 33a, 33b, un trasformatore ed una unità di alimentazione; la suddetta memoria di massa è estraibile.
- 20 Si sottolinea che l’unità di acquisizione 33a comprende il generatore di clock che viene utilizzato da tutto il sistema di monitoraggio sismico 30 ed, in particolare, da tutti i sedici sensori accelerometrici 32a, 32b. Il generatore di clock “fisicamente” presente nella unità di acquisizione 33b, è bypassato, in modo da permettere un “esatto” sincronismo di tutti i sensori accelerometrici 32a, 32b collegati alle due
- 25 unità di acquisizione 33a, 33b.

In riferimento al numero (ed alla posizione) dei sensori accelerometrici 32a, 32b, si fa presente quanto segue. Tenendo conto della deformabilità nel proprio piano dell’impalcato di copertura 51, nonché della estensione delle fondazioni 54 e del fatto che esse sono situate su terreno (sostanzialmente) non omogeneo, si deduce

5 che, al fine di poter individuare con sufficiente approssimazione gli spostamenti della sommità e della base di ciascun pilastro 50b, occorre conoscere in modo adeguato le deformazioni dell’impalcato di copertura 51 e delle fondazioni 54. Per raggiungere tale obiettivo, non potendo più fare affidamento sull’ipotesi di (sostanziale) indeformabilità nel proprio piano sia dell’impalcato di copertura 51 che

10 delle fondazioni 54, è necessario, per la struttura 41, adottare un numero di sensori accelerometrici maggiore di quello utilizzato nel caso della struttura 11. Inoltre nel caso dell’edificio 40, si adottano anche criteri di ridondanza nella individuazione del numero dei sensori accelerometrici 32a, 32b, per poter garantire, anche se durante l’evento sismico uno o più sensori accelerometrici 32a, 32b cessa di funzionare, una

15 raccolta di dati che risulti sufficiente ed efficace ai fini della individuazione della risposta sismica della struttura 41. Si fa notare che il sistema di monitoraggio sismico 30 utilizza, in corrispondenza delle fondazioni 54, un numero di sensori accelerometrici 32b uguale al numero dei sensori accelerometrici 32a presenti in corrispondenza dell’impalcato di copertura 51.

20 Otto sensori accelerometrici 32a, 32b e la unità di acquisizione 33a sono tra loro collegati via cavo.

Si precisa che sono presenti quattro cavi 35; ciascun cavo 35 è collegato a due sensori accelerometrici 32b, a due sensori accelerometrici 32a e ad una delle due unità di acquisizione 33a, 33b. I quattro cavi 35 sono inseriti all’interno di canaline

25 44 porta cavi. Le canaline 44 sono tra loro unite per mezzo di scatole di raccordo e

di altri elementi di raccordo.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b ed i relativi otto sensori accelerometrici 32a, 32b sono tra loro collegati mediante linee di trasmissione dati; si precisa che tali linee di trasmissione dati comprendono due linea CAN bus (sulle 5 quali si trasmettono i dati misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b), una linea di sincronizzazione (che è una linea specifica mediante la quale vengono indicati gli istanti in cui i sensori accelerometrici 32a, 32b devono effettuare le misure) ed una linea di trasmissione dei segnali di errore (che è una linea specifica per la trasmissione dei messaggi di malfunzionamento); ciascuna delle due unità di 10 acquisizione 33a, 33b è collegata ai relativi otto sensori accelerometrici 32a, 32b anche mediante una linea elettrica mediante la quale l'unità di acquisizione 33a, 33b alimenta i sensori accelerometrici 32a, 32b. Si sottolinea che ciascuna unità di acquisizione 33a, 33b ed i relativi sensori accelerometrici 32a, 32b sono tra loro collegati mediante una rete CAN bus comprendente due linee CAN bus. Su ognuna 15 delle suddette due linee CAN bus sono collegati, uno di seguito all'altro, due sensori accelerometrici 32a e due sensori accelerometrici 32b; ciascuna delle due linee CAN bus è poi collegata alla suddetta unità di acquisizione 33a, 33b.

Le suddette linee passano tutte nei cavi 35. In particolare si evidenzia che ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b è collegata a quattro dei relativi otto sensori 20 accelerometrici 32a, 32b mediante una linea CAN bus ed è collegata ai restanti quattro sensori accelerometrici 32a, 32b mediante un'altra linea CAN bus; si ha dunque che ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b è collegata ai relativi otto sensori accelerometrici 32a, 32b per mezzo di due linee CAN.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b è collegata ad un proprio gruppo 25 di continuità, non illustrato nelle figure, che è alimentato dalla rete elettrica presente

nell'edificio 40.

Le due unità di acquisizione 33a, 33b sono poste esternamente all'edificio 40.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b è posta all'interno di un contenitore 59 di calcestruzzo dotato di uno sportello per poter accedere all'unità di

5 acquisizione 33a, 33b posta al suo interno.

I cavi 35 sono tecnicamente equivalenti ai cavi 5.

Le due unità di acquisizione 33a, 33b sono tra loro collegate mediante un cavo 36.

Le due unità di acquisizione 33a, 33b sono tra loro collegate mediante linee di trasmissione dati comprendenti anche una prima linea di sincronizzazione che è

10 utilizzata per sincronizzare tutti i sensori accelerometrici 32a, 32b, una seconda linea di sincronizzazione che è utilizzata per sincronizzare gli istanti in cui le due unità di acquisizione 33a, 33b iniziano a formare pacchetti di dati (si legga oltre) ed una linea per la segnalazione dei pacchetti di dati critici.

Si fa notare, in generale, che nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico

15 comprenda più di due unità di acquisizione, esse vanno collegate una di seguito all'altra secondo uno schema chiuso che permette, tra l'altro, la comunicazione in tempo reale fra tutte le unità di acquisizione della avvenuta individuazione di almeno un pacchetto di dati “critico”.

I sensori accelerometrici 32a, 32b, come è stato sopra scritto, misurano in prefissati

20 istanti, secondo la determinata frequenza (cadenza temporale) indicata dalla unità di acquisizione 33a (master), le accelerazioni dei punti della struttura 41 in cui i sensori accelerometrici 32a, 32b sono posizionati; ciascun sensore accelerometrico 32a, 32b, poi, trasmette i dati misurati alla unità di acquisizione 33a, 33b a cui è collegato.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b, al fine di memorizzare nella

25 propria memoria di massa unicamente parte dei dati ad essa trasmessi dai sensori

accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati, effettua, sostanzialmente in tempo reale, una elaborazione dei suddetti dati.

Si specifica che le due unità di acquisizione 33a, 33b memorizzano parte dei dati acquisiti dai sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati, utilizzando una 5 strategia di memorizzazione dei dati nella propria memoria di massa tecnicamente equivalente alla strategia già descritta a proposito della unità di acquisizione 3.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b effettua la suddetta elaborazione dei dati suddividendo i dati ricevuti dai sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati in pacchetti di dati (la cui formazione è sincronizzata dall'unità di 10 acquisizione 33a master) e calcolando parametri di riferimento, relativi ai dati contenuti in ciascuno dei suddetti pacchetti di dati, al fine di individuare, seguendo prefissati criteri, se i valori di tali parametri sono superiori a prefissati valori di soglia; se ciò si verifica, e quindi se il pacchetto di dati esaminato è individuato come "critico" l'unità di acquisizione 33a, 33b considerata memorizza nella sua 15 memoria di massa tale pacchetto di dati ed un prefissato numero di pacchetti di dati, antecedenti il pacchetto di dati che sta elaborando, mantenuti nella memoria RAM della suddetta unità di acquisizione 33a, 33b. Inoltre la suddetta unità di acquisizione 33a, 33b comunica, in tempo reale, la presenza del suddetto pacchetto di dati critico all'altra unità di acquisizione 33a, 33b; tale altra unità di acquisizione 33a, 33b 20 memorizza, allora, nella propria memoria di massa i pacchetti di dati presenti nella propria memoria RAM.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b continua la memorizzazione dei dati trasmessi da tutti gli otto sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati per un tempo sufficientemente lungo, misurato a partire dall'istante in cui è stato 25 individuato da una qualunque delle due unità di acquisizione 33a, 33b un pacchetto

di dati critico.

I parametri di riferimento sopra menzionati, nel caso in esame, sono il valore efficace o il valore picco - picco di un gruppo di dati, così come è sotto meglio specificato.

- 5 Di seguito si riportano, alcune ulteriori informazioni riguardanti la procedura di memorizzazione seguita dalle due unità di acquisizione 33a, 33b.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b suddivide continuamente, secondo una prefissata cadenza temporale (frequenza), i dati misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati in pacchetti di dati, tutti composti da un
10 medesimo prefissato numero di dati.

Detto t_1 l'istante in cui inizia la formazione di un generico pacchetto di dati e detto t_2 l'istante in cui termina la formazione di tale pacchetto di dati, si ha che l'intervallo temporale in cui il suddetto pacchetto di dati è formato, è pari a $t_2 - t_1$. Tale intervallo temporale è uguale e resta uguale nel tempo per tutti i pacchetti di dati e
15 per ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b.

Le due unità di acquisizione 33a, 33b sono tra loro sincronizzate. La funzione di generatore di clock è svolta dall'unità di acquisizione 33a master; la unità di acquisizione 33a master indica a sé ed alla unità di acquisizione 33b slave, gli istanti iniziali per la formazione dei pacchetti di dati.

- 20 Si sottolinea che il generico i -esimo pacchetto di dati che viene formato dalla unità di acquisizione 33a viene formato contemporaneamente all' i -esimo pacchetto di dati che viene formato dalla unità di acquisizione 33b.

Nell'istante t_{2i} in cui viene completato il pacchetto di dati i -esimo, sono presenti nella memoria RAM di ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b il pacchetto
25 di dati i -esimo e gli N ultimi (più recenti) pacchetti di dati formati dalla unità di

acquisizione 33a, 33b considerata immediatamente prima dell'i-esimo pacchetto di dati; N è un prefissato numero intero, che può essere ad esempio compreso tra 5 e 30.

In ciascuna delle due unità di acquisizione 33a 33b, ciascun pacchetto di dati 5 comprende un insieme di gruppi di dati; ciascun gruppo di dati è relativo ad una delle tre componenti dell'accelerazione misurate da uno degli otto sensori accelerometrici 32a, 32b collegati alla unità di acquisizione 33a, 33b considerata; il numero dei gruppi di dati compresi in un generico pacchetto di dati è, dunque, pari al numero dei sensori accelerometrici 32a, 32b collegati all'unità di acquisizione 10 33a, 33b considerata (tale numero è otto) moltiplicato per il numero delle componenti dell'accelerazione (tale numero è tre) misurate da ciascuno dei suddetti sensori accelerometrici 32a, 32b.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b, dopo aver formato un pacchetto di dati (il pacchetto di dati i-esimo), procede alla formazione del pacchetto di dati 15 successivo e, nel contempo, elabora i dati del pacchetto di dati i-esimo; in particolare elabora i dati di ciascuno dei suddetti gruppi di dati compresi nel suddetto pacchetto di dati i-esimo, per individuare se almeno uno di tali gruppi di dati è da considerarsi critico.

Si consideri ora ad esempio, l'unità di acquisizione 33b (identiche osservazioni 20 valgono nel caso in cui si prenda come esempio l'unità di acquisizione 33a).

L'unità di acquisizione 33b, dunque, dopo aver formato un pacchetto di dati (il pacchetto di dati i-esimo), mentre procede alla formazione del pacchetto di dati successivo, elabora i dati del pacchetto di dati i-esimo; in particolare elabora i dati di ciascuno dei suddetti gruppi di dati per individuare se almeno uno di tali gruppi di dati 25 è da considerarsi critico.

Se tutti i gruppi di dati compresi nel pacchetto di dati i-esimo risultano non “critici” la suddetta unità di acquisizione 33b non memorizza nella sua memoria di massa i dati del pacchetto di dati i-esimo.

Se anche un solo gruppo di dati, facente parte del pacchetto di dati i-esimo 5 (esaminato), risulta critico, l’unità di acquisizione 33b memorizza nella sua memoria di massa i dati contenuti nel pacchetto di dati i-esimo che viene individuato come “pacchetto di dati critico”.

La unità di acquisizione 33b, inoltre, memorizza nella sua memoria di massa gli N pacchetti di dati presenti nella sua memoria RAM precedentemente formati (si tratta 10 degli N pacchetti di dati immediatamente precedenti il suddetto pacchetto di dati critico).

Inoltre la suddetta unità di acquisizione 33b comunica, in tempo reale, la presenza del suddetto pacchetto di dati critico all’unità di acquisizione 33a.

L’unità di acquisizione 33a, così come ha fatto l’unità di acquisizione 33b, 15 memorizza nella sua memoria di massa il pacchetto di dati i-esimo formato dalla unità di acquisizione 33a stessa (tale pacchetto di dati è contemporaneo al suddetto i-esimo pacchetto di dati critico) e memorizza nella sua memoria di massa anche i pacchetti di dati presenti nella sua memoria RAM precedentemente formati (si tratta degli N pacchetti di dati immediatamente precedenti il suddetto pacchetto di dati i-esimo).

Per le comunicazioni tra l’unità di acquisizione 33a e l’unità di acquisizione 33b riguardanti la presenza di pacchetti di dati critici, si utilizza la specifica linea di trasmissione dati (sopra menzionata).

Ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b continua a memorizzare nella 25 propria memoria di massa tutti i dati trasmessi dagli otto sensori accelerometrici

32a, 32b ad essa collegati e continua a formare i pacchetti di dati e ad elaborare i dati di ciascun pacchetto di dati, al fine di individuare i pacchetti di dati critici; ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b interrompe la memorizzazione dei dati nella propria memoria di massa solo dopo che è trascorso un prefissato 5 intervallo di tempo (pari a J volte l'intervallo temporale in cui ciascun pacchetto di dati è formato) durante il quale nessuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b ha rilevato un pacchetto di dati critico; J è un prefissato numero intero.

Dopo che è stato individuato il primo pacchetto di dati critico, in caso di evento sismico, ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b individua 10 successivamente altri pacchetti di dati critici; ciò si verifica durante tutto l'evento sismico e quindi per un certo tempo a partire dall'istante in cui almeno una delle due unità di acquisizione 33a, 33b ha individuato il primo pacchetto di dati critico. Successivamente, una volta cessata l'azione sismica relativa all'evento sismico considerato, le due unità di acquisizione 33a, 33b continuano a memorizzare i dati 15 relativi ai pacchetti di dati che esse continuano a formare e ad elaborare, fino a che non è trascorso un prefissato intervallo di tempo (stabilito in sede di progetto del sistema di monitoraggio sismico 30), durante il quale nessuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b individua un pacchetto di dati critico. Tale tempo è conteggiato a partire dall'istante finale dell'ultimo intervallo di tempo in cui è stato 20 formato, o dalla unità di acquisizione 33a, o dalla unità di acquisizione 33b, un pacchetto di dati riconosciuto, dopo la sua elaborazione, come pacchetto di dati critico.

Si sottolinea che, all'inizio di un evento sismico (a favore di sicurezza), anche se uno solo dei sensori accelerometrici 32a, 32b collegati ad una delle due unità di 25 acquisizione 33a, 33b misura dati tali per cui un gruppo di tali dati risulta critico,

allora tutto il pacchetto di dati, di cui fa parte il gruppo di dati critico, viene individuato come critico e ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b inizia a memorizzare dati nella propria memoria di massa.

Nel cavo 36, che collega tra loro le due unità di acquisizione 33a, 33b, passano linee
5 di trasmissione dati (per la trasmissione dei dati tra le due unità di acquisizione 33a,
33b), la prima linea di sincronizzazione (tramite la quale la unità di acquisizione 33a
(master) sincronizza tutti i sedici sensori accelerometrici 32a, 32b per quanto
concerne le misure di accelerazione), la seconda linea di sincronizzazione (tramite la
quale la unità di acquisizione 33a (master) sincronizza l'unità di acquisizione 33b,
10 per quanto concerne gli istanti iniziali di formazione dei pacchetti di dati), e la linea
per le comunicazioni riguardanti i pacchetti di dati critici.

Secondo altre possibili varianti di realizzazione si possono utilizzare altri criteri,
anche meno restrittivi del criterio sopra illustrato, affinché le due unità di
acquisizione 33a, 33b inizino a memorizzare nella propria memoria di massa i dati
15 contenuti nei pacchetti di dati (secondo quanto è stato sopra scritto); uno di tali
criteri alternativi potrebbe infatti prevedere che almeno due pacchetti di dati, tutti e
due relativi ad un medesimo intervallo temporale, misurati da due sensori
accelerometrici 32a, 32b, debbano essere riconosciuti come critici affinché le due
unità di acquisizione 33a, 33b inizino il suddetto processo di memorizzazione dei
20 pacchetti di dati nella propria memoria di massa.. In ogni caso dall'istante in cui le
due unità di acquisizione 33a, 33b iniziano il processo di memorizzazione fino
all'istante in cui le due unità di acquisizione 33a, 33b cessano tale processo,
vengono memorizzati, oltre a tutti i pacchetti di dati che risiedono all'istante iniziale
di tale processo di memorizzazione nella memoria RAM di ciascuna delle due unità
25 di acquisizione 33a, 33b, i pacchetti di dati relativi alle tre componenti delle

accelerazioni (misurate secondo il sistema di riferimento prefissato) di tutti e sedici i sensori accelerometrici 32a, 32b.

Secondo un’ulteriore possibile variante di realizzazione il sistema di monitoraggio sismico 30 può comprendere anche un segnalatore di allarme che si attiva, 5 all’interno dell’edificio 40, quando un pacchetto di dati relativo ad uno dei sedici sensori accelerometrici 32a, 32b viene individuato come critico. E’ da considerare che, in accordo con quanto è stato sopra scritto, il segnalatore di allarme suddetto viene inevitabilmente attivato anche in presenza di eventi dinamici, non di natura sismica, che rendono critici uno o più pacchetti di dati di anche uno solo dei sedici 10 sensori accelerometrici 32a, 32b.

Secondo la forma di realizzazione illustrata ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b memorizza i dati “significativi”, e cioè corrispondenti alla individuazione di uno o più pacchetti di dati critici, unicamente nella propria memoria di massa.

Si evidenzia che la unità di acquisizione 33a (master) ha la funzione di generatore di 15 clock per tutti i sedici sensori accelerometrici 32a, 32b ed ha anche la funzione di generatore di clock per tutte e due le unità di acquisizione 33a, 33b (ed, in generale, per tutte le unità di acquisizione presenti in un generico sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato) per quanto attiene la formazione e l’elaborazione dei pacchetti di dati. Si ha dunque che gli intervalli di tempo in cui le 20 due unità di acquisizione 33a, 33b formano i pacchetti di dati trasmessi dai rispettivi sensori accelerometrici 32a, 32b, o meglio gli istanti iniziali che individuano tali intervalli sono sincronizzati dalla unità di acquisizione 33a (master) che invia uno specifico segnale alla unità di acquisizione 33b (slave); tale segnale sincronizza, per le due unità di acquisizione 33a, 33b la formazione dei pacchetti di dati ricevuti dai 25 relativi sensori accelerometrici 32a, 32b rendendo contemporaneo l’inizio della

formazione di tali pacchetti di dati e quindi, in definitiva, rendendo uguali e sincronizzati, per le due unità di acquisizione 33a, 33b, gli intervalli di tempo relativi alla formazione dei pacchetti di dati stessi. Si sottolinea che in tal modo le due unità di acquisizione 33a, 33b operano “contemporaneamente”; ciò risulta

5 essenziale per poter confrontare e correlare i dati rilevati.

Si evidenzia che la unità di acquisizione 33b (slave), relativamente all'hardware è uguale alla unità di acquisizione 33a (master). L'unità di acquisizione 33a differisce dall'unità di acquisizione 33b per il fatto che la funzione di generatore di clock dell'unità di acquisizione 33b è bypassata dal generatore di clock della unità di

10 acquisizione 33a che sincronizza tutti i sensori accelerometrici 32a, 32b e per il fatto che la funzione di generatore di clock per la formazione e l'elaborazione dei pacchetti di dati è svolta dalla unità di acquisizione 33a.

Secondo una ulteriore possibile variante di realizzazione, una volta terminata la memorizzazione, così come è stato sopra scritto, conseguente all'individuazione di

15 almeno un pacchetto di dati critico, la unità di acquisizione slave trasmette, non in tempo reale, tali dati memorizzati alla unità di acquisizione master utilizzando la linea di trasmissione dati che collega le due unità di acquisizione. La unità di acquisizione slave trasmette alla unità di acquisizione master, in aggiunta ai suddetti dati, anche gli istanti in cui essi sono stati misurati dai sensori accelerometrici

20 collegati alla unità di acquisizione slave stessa. Secondo tale variante di realizzazione, dunque, l'unità di acquisizione slave trasmette i dati già memorizzati nella propria memoria di massa alla unità di acquisizione master la quale li memorizza nella propria memoria di massa, in aggiunta ai dati già memorizzati nella memoria di massa stessa, misurati dai sensori accelerometrici direttamente collegati

25 all'unità di acquisizione master.

L'unità di acquisizione 33a ha una memoria di massa tale per cui, in tale memoria di massa vengono scaricati sia i dati memorizzati dall'unità di acquisizione 33a stessa che dall'unità di acquisizione 33b. Tale variante di realizzazione permette all'operatore, che dopo l'evento sismico estraie i dati misurati dai sensori 5 accelerometrici 32a, 32b, di estrarli da un'unica memoria di massa (quella della unità di acquisizione 33a) invece che dalla memoria di massa di ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b.

Si è sopra descritto il sistema di monitoraggio sismico 30 nel quale le due unità di acquisizione 33a, 33b memorizzano "parte dei dati ricevuti dai sensori 10 accelerometrici 32a, 32b". Si sottolinea che, utilizzando tale espressione, si intende affermare che le due unità di acquisizione 33a, 33b memorizzano soltanto i dati relativi ad intervalli temporali nei quali almeno uno dei sensori accelerometrici 32a, 32b ha individuato valori delle accelerazioni da ritenersi significative. All'interno di ciascuno dei suddetti intervalli temporali, ciascuna delle due unità di acquisizione 15 33a, 33b memorizza tutti i dati (tali dati sono relativi alle tre componenti dell'accelerazione dirette secondo una prefissata terna di assi cartesiani ortogonali provenienti da tutti i sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati, campionati con la frequenza prevista per il sistema di monitoraggio sismico 30.

Il procedimento per effettuare il monitoraggio sismico (della struttura 41) 20 utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 30 comprende operazioni tecnicamente equivalenti alle operazioni relative al procedimento per effettuare il monitoraggio sismico (della struttura 11) utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 1 prima descritte. Si precisa che il suddetto procedimento comprende le seguenti operazioni:

25 – esecuzione, da parte dei sensori accelerometrici 32a, 32b, delle misure di

accelerazione dei punti della struttura 41 in corrispondenza dei quali i sensori accelerometrici 32a, 32b stessi sono posizionati; ciascun sensore accelerometrico 32a, 32b trasmette, in tempo reale, le misure effettuate alla unità di acquisizione 33a, 33b a cui è collegato; le suddette misure sono effettuate, con una prefissata frequenza, negli istanti indicati ai sensori accelerometrici 32a, 32b dalla unità di acquisizione 33a (master) (compresa nel sistema di monitoraggio sismico 30);

5 – acquisizione, da parte di ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b, dei dati misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati e memorizzazione, da parte di ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b, nella propria memoria di massa, che è estraibile, di parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b collegati alla suddetta unità di acquisizione 33a, 33b; ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b memorizza nella propria memoria di massa, oltre alla suddetta parte dei valori delle accelerazioni misurati dai sensori accelerometrici 32a, 32b ad essa collegati, anche gli istanti in cui essi 10 sono misurati;

15 – recupero, dopo un evento sismico che interessa la struttura 41, dei dati memorizzati dalle due unità di acquisizione 33a, 33b; il suddetto recupero è effettuato accedendo alla memoria di massa, che è estraibile, di ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b ed estraendo la memoria di massa stessa da ciascuna delle due unità di acquisizione 33a, 33b;

20 – trasferimento dei suddetti dati memorizzati (e recuperati) ad un computer esterno che non fa parte del sistema di monitoraggio sismico 30 e che è posto al di fuori della struttura 41 monitorata; per mezzo del suddetto computer esterno, a partire dalle time history delle accelerazioni dei punti (che sono punti significativi) della 25 struttura 41 nei quali i sensori accelerometrici 32a, 32b sono posizionati, si

calcolano le time history degli spostamenti dei suddetti punti della struttura 41.

Si evidenzia che il suddetto recupero dei dati ed il suddetto trasferimento dei dati al suddetto computer esterno sono effettuati con operazioni manuali.

Con riferimento al procedimento per effettuare il monitoraggio sismico (della struttura 41) utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 30 si fa presente che, supponendo che si sia verificato un evento sismico che ha interessato l'edificio 40, si ha quanto segue.

Il Responsabile dell'edificio 40, invece che inviare i dati ottenuti dal sistema di monitoraggio sismico 30 ad un centro di elaborazione dati per poter poi fornire all'ingegnere (incaricato di verificare le condizioni dell'edificio 40 dopo l'evento sismico) i risultati della elaborazione di tali dati, invia tali dati direttamente al suddetto ingegnere. Tale ingegnere, dunque, avvalendosi di un suo computer, e di una procedura di calcolo (che può essere supportata da un programma di calcolo di tipo commerciale) effettua le elaborazioni necessarie per individuare le time history degli spostamenti dei punti significativi della struttura 41 (dove sono stati posizionati i sensori accelerometrici 32a, 32b) a partire dalle time history delle accelerazioni, direttamente “lette” dai dati memorizzati nelle memorie di massa delle due unità di acquisizione 33a, 33b. Il suddetto ingegnere, dunque, in questo caso, elabora i dati che, unitamente alle altre informazioni derivanti dai sopralluoghi che l'ingegnere stesso effettua per esaminare l'edificio 40 ed in particolare la struttura 41, gli forniscono elementi assai utili per effettuare le necessarie verifiche strutturali e per poter prendere decisioni riguardanti l'edificio 40 stesso. Si fa notare che, in questo caso, il computer esterno prima menzionato è il suddetto computer del suddetto ingegnere.

Con riferimento alle figure 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28 si descrive il sistema di

monitoraggio sismico 60, ottenuto secondo il presente trovato, secondo un'ulteriore forma di realizzazione. Il sistema di monitoraggio sismico 60 è installato in corrispondenza di una struttura 71 di un edificio 70 residenziale realizzato in calcestruzzo armato gettato in opera. La struttura 71 dell'edificio 70 comprende tre 5 orizzontamenti 81, 82, 83, pilastri 80a, 80b, setti 85 che formano il vano scala, e la fondazione 84.

L'edificio 70 è posto in una zona sismica, si ha dunque che esso è stato progettato e costruito seguendo i criteri propri delle strutture poste in zona sismica; in particolare in tale edificio 70 sono possibili unicamente meccanismi di rottura duttili (si 10 ritengono dunque non possibili meccanismi di rottura fragili).

Nelle figure, per semplicità di rappresentazione, non sono stati rappresentati i tamponamenti esterni e le tramezzature interne dell'edificio 70.

Il sistema di monitoraggio sismico 60 comprende:

- sedici sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d mono-assiali posizionati in 15 corrispondenza di punti significativi della struttura 71; i quattro sensori accelerometrici 62a sono posizionati in corrispondenza dell'intradosso del terzo orizzontamento 81 (che costituisce l'orizzontamento di copertura); i quattro sensori accelerometrici 62b sono posizionati in corrispondenza dell'intradosso del secondo orizzontamento 82; i quattro sensori accelerometrici 62c sono 20 posizionati in corrispondenza del primo orizzontamento 83; i quattro sensori accelerometrici 62d sono posizionati in corrispondenza della fondazione 84. Sei sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c sono posizionati in corrispondenza del pilastro 80a; gli altri sei sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c sono posizionati in corrispondenza del pilastro 80b; i quattro sensori accelerometrici 62d sono 25 posizionati in corrispondenza della fondazione 84, in prossimità dei due pilastri

80a, 80b; si precisa che i quattro sensori accelerometrici 62d sono posizionati in corrispondenza di quattro pozzetti 88, ciascuno dei quali è tecnicamente equivalente ad uno dei pozzetti 28;

- due unità di acquisizione 63a, 63b, a cui sono collegati i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d; ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b ininterrottamente riceve i dati provenienti dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d ad essa collegati; una delle due unità di acquisizione (la unità di acquisizione 63a) è la unità di acquisizione master, l'altra unità di acquisizione (la unità di acquisizione 63b) è la unità di acquisizione slave.
- 10 Il sistema di monitoraggio sismico 60, una volta installato in corrispondenza della struttura 71 ed una volta attivato, funziona ininterrottamente, a meno delle pause dovute a manutenzione o a sostituzione di componenti, per tutta la vita utile della struttura 71.

I sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d misurano, con una prefissata frequenza, 15 i valori delle accelerazioni dei punti in cui i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d stessi sono posizionati.

L'unità di acquisizione 63a (master) sincronizza le misure di tutti e sedici i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d compresi nel sistema di monitoraggio sismico 60 indicando a tutti e sedici i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d gli istanti in cui 20 essi devono effettuare le misure (di accelerazione).

Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b comprende, oltre ad una memoria RAM, una memoria di massa nella quale vengono memorizzati i dati misurati dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d collegati alla unità di acquisizione 63a, 63b considerata e trasmessi dai suddetti sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d 25 alla unità di acquisizione 63a, 63b stessa; nella suddetta memoria di massa vengono

anche memorizzati gli istanti in cui tali dati sono stati misurati; tale memoria di massa è estraibile. Tale memoria di massa è costituita da una chiave USB dotata di adeguata capacità di memoria.

Si precisa che ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b memorizza, nella 5 propria memoria di massa estraibile, tutti i dati misurati dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d ad essa collegati.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b conserva nella sua memoria di massa unicamente i dati più recenti, cancellando i dati meno recenti prima di introdurre nuovi dati; in tal modo ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b 10 mantiene aggiornata la propria memoria di massa.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b fornisce anche la necessaria energia elettrica ai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d che sono ad essa collegati.

Il sistema di monitoraggio sismico 60, nel caso in cui la struttura 71 sia sottoposta ad 15 azioni sismiche, è atto ad essere utilizzato per poter individuare, dopo l'evento sismico, oltre alle accelerazioni, anche gli spostamenti dei punti della struttura 71 nei quali sono posizionati i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d; i suddetti spostamenti sono ottenuti mediante elaborazione, eseguita dopo l'evento sismico, misurati delle misure di accelerazione effettuate dai sensori accelerometrici 62a, 20 62b, 62c, 62d; tale elaborazione è effettuata mediante un computer esterno che non fa parte del sistema di monitoraggio sismico 60 e che è posto al di fuori della struttura 71 monitorata.

La unità di acquisizione 63b (slave) e la unità di acquisizione 63a (master) sono 25 collegate ai relativi sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d; la unità di acquisizione 63b (slave) è collegata alla unità di acquisizione 63a (master).

Si evidenzia che la unità di acquisizione 63a (master) sincronizza le misure di tutti i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d indicando ai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d stessi gli istanti in cui essi devono effettuare le misure di accelerazione.

- 5 I sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d sono collegati alle due unità di acquisizione 63a, 63b mediante cavi 65; tali cavi 65 sono inseriti all'interno di canaline 74 porta cavi; le canaline 74 sono tra loro unite in corrispondenza di scatole di derivazione 75. Si ricorda che otto dei sedici sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d sono collegati alla unità di acquisizione 63a e che i restanti otto sensori
- 10 62a, 62b, 62c, 62d sono collegati all'unità di acquisizione 63b.

Si ricorda che i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, sono solidali ai relativi due pilastri 80a.

- 15 L'andamento dei cavi 65 (e quindi l'andamento delle canaline 74 portacavi all'interno delle quali i cavi 65 sono posizionati), è per lo più verticale, lungo i relativi pilastri 80a.

- I sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d sono di tipo capacitivo e sono di tipo mono-assiale; il segnale in uscita è di tipo analogico. Si fa presente che ciascuno dei sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d è, più precisamente, semplicemente un accelerometro inserito all'interno di un elemento di contenimento che protegge
- 20 l'accelerometro stesso e che ne permette il fissaggio alla struttura 71. Si evidenzia che i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d non comprendono, ad esempio, microprocessori, sensori di temperatura, ecc..

- I sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d sono collegati alla relativa unità di acquisizione 63a, 63b mediante uno schema a stella; si ha dunque che ciascun
- 25 sensore accelerometrico 62a, 62b, 62c, 62d è collegato direttamente, con il proprio

cavo 65 (comprendente più conduttori) alla relativa unità di acquisizione 63a, 63b. Ciò comporta, rispetto al collegamento (sostanzialmente) seriale utilizzato nel caso dei sistemi di monitoraggio sismico 1 e 30, l'utilizzo di un numero maggiore di cavi, che implica anche operazioni di installazione più onerose e la necessità di utilizzare 5 canaline 74 portacavi di maggiori dimensioni.

Le due unità di acquisizione 63a, 63b possiedono prestazioni e capacità tecnicamente equivalenti a quelle delle due unità di acquisizione 33a, 33b; inoltre, le due unità di acquisizione 63a, 63b convertono in dati digitali i segnali analogici ad esse trasmessi dai relativi sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d. Si fa notare 10 che, nel caso in esame, considerate le dimensioni della struttura 71 monitorata, i cavi 65 che collegano i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d alla relativa unità di acquisizione 63a, 63b hanno lunghezza limitata e quindi tale da non dare origine a rumori di fondo particolarmente elevati.

Le due unità di acquisizione 63a, 63b sono poste esternamente all'edificio 70. 15 Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b è posta all'interno di un contenitore 89 di calcestruzzo dotato di uno sportello per poter accedere all'unità di acquisizione 63a, 63b posta al suo interno.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b sono uguali per quanto riguarda l'hardware; di seguito, ad esempio, si descrive la unità di acquisizione 63a; uguali 20 osservazioni valgono per la unità di acquisizione 63b.

L'unità di acquisizione 63a comprende una memoria RAM ed una memoria di massa che è estraibile.

L'unità di acquisizione 63a comprende uno o più microprocessori, un sistema di comunicazione con l'utente, una unità di scrittura dati, una unità di memorizzazione, 25 una memoria RAM, una memoria di massa estraibile nella quale vengono

memorizzati i dati trasmessi dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d, un generatore di clock, componenti per le funzioni di controllo, di segnalazione di errore e di comunicazione con l'unità di acquisizione 63b, un trasformatore ed una unità di alimentazione. La suddetta memoria di massa è estraibile.

- 5 La memoria di massa è costituita da un hard disk di opportune caratteristiche. Tale hard disk è estraibile.

Con la memoria RAM comunicano “contemporaneamente” sia l'unità di scrittura dati sia l'unità di memorizzazione. L'unità di scrittura dati riceve i segnali analogici dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d, collegati alla unità di acquisizione 10 63a, li trasforma in dati digitali e li memorizza nella memoria RAM. Tali dati, una volta memorizzati nella memoria RAM, vengono letti dalla unità di memorizzazione che li trasferisce, secondo una prefissata sequenza ordinata, nella memoria di massa estraibile. Una procedura regola le suddette operazioni che devono essere eseguite con le modalità ed i tempi prefissati in sede di progetto della unità di acquisizione 15 63a.

Si fa presente che l'unità di acquisizione 63a sincronizza tutti e sedici i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d per quanto concerne le misure di accelerazione.

Il procedimento per effettuare il monitoraggio sismico della struttura 71 utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 60 è tecnicamente equivalente al procedimento 20 per effettuare il monitoraggio sismico della struttura 41 utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 30 prima descritto.

In merito alla elaborazione dei dati effettuata mediante un computer esterno dopo che la struttura 71 è stata sottoposta ad un evento sismico si evidenzia che tale elaborazione dei dati sostanzialmente consiste nel calcolo degli spostamenti dei 25 suddetti punti (che sono punti significativi) della struttura 71 in corrispondenza dei

quali sono posizionati i sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d; gli spostamenti dei punti significativi della struttura 71 si ottengono, una volta noti le accelerazioni (note in quanto misurate dai sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d stessi) e gli istanti in cui esse sono state misurate, effettuando una doppia integrazione nel

5 dominio del tempo della time history (storia temporale) delle accelerazioni.

Dal calcolo degli spostamenti dei punti significativi della struttura 71 si calcolano poi, tra l'altro, gli spostamenti relativi tra gli orizzontamenti 81, 82, 83 presenti nella struttura 71 e gli spostamenti relativi tra la fondazione 84 e l'orizzontamento 83.

I valori degli spostamenti di interpiano verificatesi durante il sisma, come è noto,

10 costituiscono (di regola) un'informazione assai importante per individuare lo stato della struttura 71 dopo un evento sismico.

Si è sopra scritto che ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b memorizza tutti i dati trasmessi dagli otto sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d ad essa collegati. In questo caso, dunque, non è prevista alcuna strategia di memorizzazione

15 volta a memorizzare unicamente i dati considerati potenzialmente critici. Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b memorizza tutti i dati che riceve, memorizzando nel contempo anche gli istanti in cui tali dati vengono misurati.

Ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b, durante la vita di esercizio della struttura 71, prima di memorizzare nuovi dati nella propria memoria di massa,

20 cancella dalla propria memoria di massa stessa i dati meno recenti.

A titolo di esempio, si consideri che la memoria di massa di ciascuna delle due unità di acquisizione 63a, 63b abbia una capacità di memoria atta a contenere tutti i dati trasmessi dagli otto sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d ad essa collegati, in un intervallo di tempo di durata pari a dieci giorni. Si consideri, ad esempio, la unità

25 di acquisizione 63a. La unità di acquisizione 63b si comporta (da questo punto di

vista) come la unità di acquisizione 63a.

- L'unità di acquisizione 63a, partendo dall'istante di messa in funzione, memorizza i dati provenienti dagli otto sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d ad essa collegati secondo la frequenza di campionamento prefissata e memorizza anche gli 5 istanti in cui essi sono stati misurati; ciò prosegue per i primi dieci giorni, a partire dalla data di messa in funzione del sistema di monitoraggio sismico 60. Successivamente, all'inizio dell'undicesimo giorno, l'unità di acquisizione 63a, che ora non ha più spazio disponibile nella sua memoria di massa, cancella i dati del primo giorno e memorizza i dati dell'undicesimo giorno. Successivamente, all'inizio 10 del dodicesimo giorno l'unità di acquisizione 63a, che ancora non ha più spazio disponibile nella sua memoria di massa, cancella i dati del secondo giorno e memorizza i dati del dodicesimo giorno; e così via. Si ha dunque che in qualunque giorno sono disponibili nella memoria di massa dell'unità di acquisizione 63a i dati del giorno considerato ed i dati dei precedenti nove giorni di misurazioni.
- 15 Se, ad esempio, nel centesimo giorno dalla messa in funzione della unità di acquisizione 63a (o meglio del sistema di monitoraggio sismico 60) si verifica un evento sismico (tale evento viene percepito da chi opera all'interno dell'edificio 70; la presenza di tale evento sismico è poi confermata e divulgata anche dai mezzi di informazione) si ha che, quando si verifica tale evento sismico, nella memoria di 20 massa della unità di acquisizione 63a sono presenti i dati misurati nell'intervallo di tempo compreso tra i novanta ed i cento giorni, misurati a partire dalla messa in funzione dell'unità di acquisizione 63a.
- Dopo l'evento sismico, ad esempio tre giorni dopo tale evento, e quindi al centotreesimo giorno dalla data della messa in funzione della unità di acquisizione 25 63a, il Responsabile dell'edificio 70, estraе dalla memoria di massa dell'unità di

acquisizione 63a i dati in essa memorizzati; più precisamente il Responsabile dell’edificio 70 estrae la memoria di massa dalla unità di acquisizione 63a (tale memoria di massa consiste in una chiave USB) ed immediatamente introduce una nuova memoria di massa uguale a quella appena estratta. La suddetta memoria di 5 massa, quando viene estratta, contiene i dati misurati tra il centotreesimo giorno ed il novantatreesimo giorno (dieci giorni prima il centotreesimo giorno); sono dunque compresi anche i dati del centesimo giorno, in cui si è verificato l’evento sismico. Da quanto è sopra scritto risulta evidente che, se il Responsabile dell’edificio 70 aspettasse più di dieci giorni dalla data dell’evento sismico del centesimo giorno (se 10 aspettasse dunque oltre il centodiecesimo giorno), non troverebbe più i dati dal centesimo giorno e avrebbe dunque perso i dati relativi all’evento sismico.

Il procedimento per effettuare il monitoraggio sismico (della struttura 71) utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 60 (comprendente i sedici sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d e le due unità di acquisizione 63a, 63b) 15 comprende operazioni tecnicamente equivalenti alle operazioni relative al procedimento per effettuare il monitoraggio sismico (della struttura 11) utilizzando il sistema di monitoraggio sismico 1 prima descritte.

Secondo una possibile variante di realizzazione, al posto dei sedici sensori accelerometrici mono assiali 62a, 62b, 62c, 62d, si possono utilizzare otto sensori 20 accelerometrici biassiali o anche otto sensori accelerometrici triassiali, questi ultimi permettono di acquisire i dati relativi alla componente verticale dell’accelerazione sismica.

Secondo una possibile variante di realizzazione, non illustrata nelle figure, è possibile utilizzare un’unica unità di acquisizione, al posto delle due unità di 25 acquisizione 63a, 63b. In tal caso le prestazioni di tale unità di acquisizione devono

essere tali da potersi collegare con i sedici sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d e tali da poter trasformare i segnali analogici in dati digitali e da poter poi elaborare i dati digitali.

In riferimento al sistema di monitoraggio sismico di cui al presente trovato si

5 evidenzia quanto è di seguito scritto.

Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato (come i sistemi di monitoraggio sismico 1, 30, 60), una volta attivato, funziona in automatico, effettuando i necessari controlli e le necessarie manutenzioni, per tutto il tempo di vita utile della struttura (a meno, ovviamente, delle pause dovute ai

10 suddetti controlli ed alle suddette manutenzioni); esso misura, durante tutta la vita della struttura sulla quale è installato, le accelerazioni di punti significativi della struttura stessa. Il sistema di monitoraggio sismico viene temporaneamente disattivato unicamente per fare manutenzione e per eventuali sostituzioni di apparecchiature che non funzionassero correttamente.

15 Si sottolinea che è necessario effettuare, con cadenza temporale prefissata, le ispezioni ed i controlli necessari per garantire il corretto funzionamento dei componenti del sistema di monitoraggio sismico.

Si sottolinea che, di regola, in caso di sisma, i dati memorizzati nelle una o più unità di acquisizione vengono elaborati per individuare i valori degli spostamenti dei punti

20 significativi della struttura in corrispondenza dei quali sono installati i sensori accelerometrici.

La trasmissione dei dati dal sistema di monitoraggio sismico (installato in corrispondenza della struttura di un edificio) al computer esterno (che può essere (ad esempio) o un computer di un centro di elaborazione dati o il computer

25 dell'ingegnere incaricato di verificare l'edificio dopo l'evento sismico) mediante il

quale si calcolano gli spostamenti dei punti significativi della struttura avviene per intervento diretto di un operatore (quale, ad esempio, il Responsabile dell’edificio).

Il recupero dei dati dalla memoria di massa delle una o più unità di acquisizione (comprese nel sistema di monitoraggio sismico considerato) è effettuata estraendo la

5 memoria di massa stessa dell’unità di acquisizione considerata; si evidenzia che la memoria di massa che, in questi casi, è costituita da una chiave USB o da un hard disk. Il Responsabile dell’edificio, dopo aver estratto la chiave USB suddetta, inserisce un’altra chiave USB, uguale alla precedente, nella unità di acquisizione suddetta. Si fa notare che possono essere previsti componenti e procedure tali per cui

10 l’unità di acquisizione continua ad acquisire dati, ininterrottamente, anche durante la fase di estrazione della memoria di massa dell’unità di acquisizione stessa, ed anche durante l’intervallo di tempo che intercorre tra l’estrazione della suddetta memoria di massa (chiave USB) e l’inserimento di una uguale memoria di massa estraibile (altra chiave USB che in questo caso ha la memoria vuota) nella unità di

15 acquisizione dati considerata.

In relazione al tipico utilizzo del sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato si evidenzia quanto segue.

Si consideri un edificio la cui struttura è monitorata da un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato.

20 Si supponga (ad esempio) che tale edificio sia costituito da una palazzina di tre piani realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera e si supponga, poi, che ciascun orizzontamento (impalcato) sia monitorato mediante due sensori accelerometrici tri-assiali (posti tra loro ad una distanza paragonabile alla massima dimensione in pianta dell’edificio) e che le fondazioni siano anche esse monitorate mediante due

25 sensori accelerometrici ad esse solidali. Si supponga, inoltre, che si verifichi un

evento sismico “significativo” nella zona in cui tale edificio è ubicato. Tale sisma è percepito dagli abitanti della zona considerata, e quindi anche da coloro che occupano l’edificio; di tale sisma, poi, si fa menzione sui mezzi di informazione (televisione, Internet, giornali, ecc.).

- 5 Durante l’evento sismico il sistema di monitoraggio sismico misura e memorizza le accelerazioni di punti significativi della struttura in corrispondenza dei quali sono posizionati i sensori accelerometrici.

Secondo un primo modo di procedere, facente parte del procedimento per effettuare il monitoraggio sismico di una struttura secondo il presente trovato, dopo l’evento 10 sismico un Responsabile dell’edificio estrae i dati memorizzati dalle una o più unità di acquisizione e li trasmette, ad esempio via Internet, all’ingegnere incaricato di verificare, dopo l’evento sismico, l’edificio ed, in particolare, la struttura dell’edificio stesso. Il suddetto ingegnere elabora tali dati (che costituiscono la time 15 history delle accelerazioni dei suddetti punti significativi della struttura misurati dal sistema di monitoraggio sismico) per mezzo di un computer in suo possesso (tale computer è il computer esterno sopra menzionato) ed individua i valori degli spostamenti, verificatesi durante l’evento sismico, dei punti della struttura in corrispondenza dei quali sono stati posizionati i sensori accelerometrici. L’ingegnere, poi, calcola gli spostamenti relativi tra i punti significativi della 20 struttura.

Il suddetto ingegnere effettua, inoltre, uno o più sopralluoghi sull’edificio ed esamina attentamente l’edificio ed, in particolare, la struttura.

Si fa presente che, per poter elaborare i dati misurati e per poter dunque calcolare gli spostamenti dei punti significativi della struttura, a partire dalle accelerazioni, 25 l’ingegnere necessita di un programma di calcolo (che può essere anche una

procedura di calcolo supportata da un programma di calcolo di tipo commerciale) il quale, utilizzando il suddetto computer, effettui la doppia integrazione nel dominio del tempo delle time history di accelerazioni acquisite e memorizzate dal sistema di monitoraggio sismico. Si fa notare che nei calcoli occorre utilizzare appositi filtri

5 (realizzati mediante calcolo numerico) seguendo le indicazioni che sono state fornite a corredo del sistema di monitoraggio sismico all'atto della sua installazione in corrispondenza della struttura del suddetto edificio. I valori degli spostamenti dei suddetti punti significativi della struttura costituiscono un'informazione preziosa per individuare la risposta dinamica della struttura sottoposta all'evento sismico e per

10 valutare lo stato di danno della struttura dopo il sisma.

Si fa notare che, considerando le misure dei sensori accelerometrici posti in corrispondenza delle fondazioni della struttura, l'ingegnere può individuare i valori delle accelerazioni subite dalle parti di struttura (le fondazioni) a contatto con il terreno ed, in particolare, può individuare il valore massimo delle accelerazioni che

15 si sono verificate sia nel piano orizzontale sia, in generale, nel piano verticale.

Secondo un modo alternativo di procedere, facente parte del procedimento per effettuare il monitoraggio sismico di una struttura secondo il presente trovato, il Responsabile dell'edificio, dopo un evento sismico, estraie i dati dalla memoria di massa delle una o più unità di acquisizione e li fa pervenire, ad esempio tramite

20 Internet, ad un centro di elaborazione dati fornito di un computer dotato di un programma di calcolo atto ad effettuare la doppia integrazione nel dominio del tempo delle time history delle accelerazioni ottenendo dunque le time history degli spostamenti. In tal caso il computer esterno sopra menzionato è il suddetto computer nel centro di elaborazione dati. Si evidenzia che in questo caso il Responsabile

25 dell'edificio non fa dunque pervenire direttamente all'ingegnere (incaricato di

eseguire la verifica post-sisma dell’edificio) i dati prelevati dalla memoria di massa delle suddette una o più unità di acquisizione. Tale centro di elaborazione dati, una volta calcolate le time history degli spostamenti dei punti significativi della struttura, ed una volta poste in un certo formato le time history delle accelerazioni dei suddetti 5 punti, fa pervenire al Responsabile dell’edificio tali risultati. Il Responsabile dell’edificio, poi, invia tutti i dati ed i risultati all’ingegnere incaricato di verificare la struttura dopo l’evento sismico.

In ognuno dei due casi sopra illustrati si ha comunque che i dati memorizzati dal sistema di monitoraggio sismico ed opportunamente elaborati (secondo quanto è 10 sopra indicato) vengono ad essere nella disponibilità dell’ingegnere incaricato di verificare l’edificio dopo l’evento sismico.

Si evidenzia che i valori degli spostamenti dei suddetti punti (che sono punti significativi) della struttura (si fa riferimento alle tipologie delle strutture 11, 41, 71 ed a tipologie ad esse simili) costituiscono (di regola) un’informazione preziosa per 15 individuare la risposta dinamica della struttura sottoposta all’evento sismico.

Risulta evidente la importanza di poter disporre dei dati forniti dal sistema di monitoraggio sismico e dalla successiva elaborazione al fine di poter correttamente individuare lo stato di danno della struttura dovuto all’azione sismica. Si fa presente che, di regola, la conoscenza di tali valori permette anche di valutare (con le 20 inevitabili approssimazioni) quali sono state le deformazioni (ed anche le sollecitazioni) massime subite dagli elementi strutturali presenti e quindi anche l’eventuale necessità di rimessa in pristino degli stessi. Tali affermazioni presuppongono che i sensori accelerometrici siano stati posizionati, in accordo con il progetto del sistema di monitoraggio sismico eseguito prima della sua installazione, 25 in punti che sono effettivamente significativi per la struttura, in punti, cioè, i cui

spostamenti sono caratterizzanti dello stato di danno della struttura, secondo i meccanismi di rottura duttili individuati dal progettista.

Si sottolinea che il computer esterno (sia esso quello del centro di elaborazione dati suddetto, sia esso quello dell'ingegnere) non dialoga, in automatico o 5 “specificatamente” con il sistema di monitoraggio sismico, bensì è unicamente dotato di programmi di calcolo immediatamente utilizzabili per la elaborazione dei dati acquisiti e memorizzati da uno qualunque dei sistemi di monitoraggio sismico ottenuti secondo il presente trovato.

Le time history degli spostamenti, a partire dalle time history delle accelerazioni, 10 sono ottenute utilizzando un “qualunque” computer esterno alla struttura monitorata il quale disponga di un programma di calcolo che effettui la doppia integrazione nel tempo delle time history misurate. Si ha, inoltre, che i dati misurati da una pluralità di sistemi di monitoraggio sismico possono essere elaborati (uno dopo l'altro) da un unico o da un esiguo numero di computer “esterni”.
15 Per calcolare le time history degli spostamenti dei punti significativi della struttura, a partire dalle time history delle accelerazioni dei suddetti punti, non occorre uno specifico modello di calcolo della struttura (ad esempio un modello ad elementi finiti).

Si sottolinea che il computer esterno (sia esso quello del centro di elaborazione suddetto, sia esso quello dell'ingegnere), per il calcolo degli spostamenti dei punti significativi della struttura, non ha bisogno di utilizzare un modello di calcolo della struttura. Resta il fatto, ovviamente, che l'ingegnere deve avere conoscenza adeguatamente dettagliata della struttura, dei materiali impiegati, dei dettagli costruttivi, ecc, e deve solitamente predisporre uno o più modelli matematici per 25 interpretare, sulla base dei dati in suo possesso, il comportamento della struttura

sottoposta all'evento sismico e per individuare, con sufficiente approssimazione, lo stato della struttura stessa (in particolare l'eventuale suo stato di danno) dopo l'evento sismico stesso.

- Si sottolinea che uno dei vantaggi del sistema di monitoraggio sismico ottenuto
- 5 secondo il presente trovato consiste nel fatto che, per conoscere i valori degli spostamenti dei punti significativi della struttura al variare del tempo, non occorre riferirsi ad uno specifico elaboratore elettronico che "conosca" la struttura in corrispondenza della quale è installato il sistema di monitoraggio sismico e che dialoghi specificatamente con esso.
- 10 Si sottolinea poi che, per elaborare i dati provenienti dalla memoria di massa delle una o più unità di acquisizione, è sufficiente un qualunque "generico" computer dotato di software (anche di tipo commerciale) atto ad effettuare una doppia integrazione nel tempo della time history delle accelerazioni misurate e memorizzate dal sistema di monitoraggio sismico, tenendo conto dei necessari filtri da introdurre
- 15 nel calcolo.

L'ingegnere incaricato delle verifiche post-sisma, una volta che ha effettuato tutte le verifiche necessarie relative all'edificio ed in particolare alla sua struttura, decide sul da farsi.

- Una prima situazione che può verificarsi è quella in cui il suddetto ingegnere
- 20 (effettuate le necessarie verifiche riguardanti l'edificio ed in particolare la struttura dell'edificio stesso) autorizza gli occupanti a rientrare nell'edificio stesso.

Una seconda situazione che può verificarsi è quella in cui il suddetto ingegnere non autorizza gli occupanti a rientrare nell'edificio e da disposizioni per realizzare opere di ripristino dei livelli di sicurezza previsti.

- 25 Una terza situazione che può verificarsi è quella in cui il suddetto ingegnere dichiara

che l'edificio non è più utilizzabile e prescrive di effettuare la demolizione dell'edificio stesso.

- Se si considera quanto è sopra scritto si evince che il tempo necessario per poter riutilizzare l'edificio dopo un evento sismico, anche se si verifica la prima delle tre
- 5 possibilità sopra descritte, non è, in pratica, legato alla risposta del sistema di monitoraggio sismico installato nella struttura, bensì a quella dell'ingegnere che deve valutare complessivamente la situazione dell'edificio, utilizzando, ovviamente, anche altri dati in aggiunta a quelli misurati. Anche se i risultati della elaborazione dei dati fossero pronti qualche minuto dopo l'evento sismico, solitamente, non si
- 10 guadagnerebbe molto tempo e non sarebbe significativo l'anticipo con cui gli occupanti dell'edificio potrebbero rientrare. Si fa notare che il processo di raccolta dati e di elaborazione dei dati in un computer “esterno” (presso il centro elaborazione dati stessi o presso l'ingegnere incaricato delle verifiche post-sisma), di regola, può svolgersi, in un arco temporale ristretto.
- 15 Si sottolinea che il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato non fornisce risposte in tempo reale.

Resta il fatto che le effettive necessità di risposta in tempo reale sono limitate, nella pratica, a pochi casi ed a pochi edifici, come gli edifici strategici necessari per la comunità in caso di evento sismico, relativamente ai quali occorre conoscere

20 “immediatamente” la situazione in cui essi sono dopo il sisma. Per la maggior parte degli edifici siti in un'area colpita da un evento sismico la risposta in tempo reale non è indispensabile ed è, in ogni caso, assai difficile da ottenere.

Ciò che invece ha sempre grande interesse è conoscere, quanto meglio possibile, “che cosa” è effettivamente successo durante l'evento sismico. Se si fa riferimento a

25 edifici con strutture “correnti” di calcestruzzo armato o di acciaio risulta, di regola,

- assai importante conoscere gli spostamenti relativi dei vari orizzontamenti (impalcati), gli spostamenti relativi tra tali orizzontamenti e le fondazioni ed, in particolare, gli spostamenti relativi, (possibilmente) piano per piano, tra l'estremità superiore e l'estremità inferiore delle colonne di ciascun interpiano presenti
- 5 nell'edificio. Tali spostamenti relativi sono ottenuti a partire dai valori delle accelerazioni misurate dai sensori accelerometrici installati sulla struttura. Si evidenzia, ancora una volta, la necessità di disporre di dati temporalmente correlati e di poter garantire la “contemporaneità” delle misure di tutti i sensori accelerometrici collegati alle una o più unità di acquisizione.
- 10 In linea generale, con un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, si possono monitorare sia edifici esistenti, sia edifici di nuova costruzione. In particolare si possono monitorare edifici la cui struttura è formata da pilastri e travi di calcestruzzo armato e da orizzontamenti realizzati utilizzando calcestruzzo. Si precisa che possono essere vantaggiosamente monitorati edifici con
- 15 travi, pilastri ed orizzontamenti di calcestruzzo armato prefabbricati.
- Per la realizzazione di un sistema di monitoraggio sismico secondo il presente trovato occorre, ovviamente, conoscere con adeguata accuratezza la struttura che si va a monitorare. E' necessario, poi, che gli spostamenti dei punti della struttura in corrispondenza dei quali sono posizionati i sensori accelerometrici siano
- 20 significativi ai fini della risposta della struttura all'azione sismica e siano tali da essere indicativi dello stato di danno della struttura. Occorre inoltre che la struttura sia tale o sia stata resa tale da non presentare rotture fragili premature, o comunque possibili modi di collasso sia parziale che globale, non direttamente correlati ai valori degli spostamenti dei punti significativi suddetti.
- 25 Considerando, ad esempio, il caso di una struttura come quelle illustrate nella

presente descrizione, si ha che risultano significativi gli spostamenti orizzontali degli impalcati; noti tali spostamenti, se gli impalcati possono essere considerati rigidi nel loro piano, si possono ricavare gli spostamenti delle estremità di tutti i pilastri solidali agli impalcati stessi.

- 5 Se gli impalcati non possono essere considerati rigidi, al fine di conoscere i valori degli spostamenti delle estremità dei pilastri, occorre aumentare il numero dei sensori accelerometrici che devono essere utilizzati.

Si fa notare che nella presente descrizione e nelle sotto riportate rivendicazioni con l'espressione "sensore accelerometrico" si intende sia una strumentazione che 10 comprende, così come nel caso dei sensori accelerometrici 2a, 2b, 32a, 32b, uno o più accelerometri, un microprocessore (che, tra le varie funzioni, ha anche quella di trasformare in dati digitali i segnali analogici provenienti dai suddetti uno o più accelerometri), un sensore di temperatura, ed altri componenti, sia una strumentazione che consiste (sostanzialmente unicamente) in un accelerometro (che 15 trasmette segnali analogici), così come nel caso dei sensori accelerometrici 62a, 62b, 62c, 62d.

L'installazione di un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato è subordinato, tra l'altro, anche alla verifica che le accelerazioni attese nei punti di misura rientrino nel campo di valori tali da poter essere correttamente 20 misurati dal sistema di monitoraggio sismico (ed in particolare dai sensori accelerometrici in esso compresi) e tali da poter, poi, essere utilizzati per la individuazione della time history degli spostamenti dei suddetti punti significativi.

Il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato ha, per così dire, essenzialmente la funzione di "scatola nera" normalmente utilizzata nel caso di 25 mezzi di trasporto, quali aerei, navi, ecc. In tale "scatola nera" nel caso del presente

trovato, vengono registrate le informazioni che permettono di ricostruire, nei punti in cui i sensori accelerometrici sono posizionati, la risposta, in termini di accelerazioni e di spostamenti, della struttura all'evento sismico o comunque a sollecitazioni dinamiche. Si evidenzia, che, nel caso (che è da prevedere assai 5 comune) in cui ciascuna delle una o più unità di acquisizione memorizzi nella propria memoria di massa soltanto parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici (così come le unità di acquisizione 3, 33a, 33b), sussistono differenze tra il “modo di memorizzare”, e quindi tra il funzionamento, delle una o più unità di acquisizione ed il “modo di memorizzare”, e quindi il funzionamento, della tipica “scatola nera” che 10 (di norma) registra tutti i dati che essa è demandata a registrare, senza effettuare scelte riguardanti la “criticità” dei dati ricevuti.

Se si confronta il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato con i sistemi di monitoraggio sismico della tecnica nota si può osservare quanto segue. Nel sistema di monitoraggio sismico secondo il presente trovato non 15 sono presenti sistemi di riconoscimento sismico in quanto il riconoscere che in una certa area si è verificato un terremoto (di intensità significativa o anche semplicemente “rilevabile”) deriva dalla percezione diretta del terremoto da parte degli abitanti della suddetta area e dalle notizie di carattere “pubblico” (scritte su giornali o sul web, o comunicate per mezzo delle televisioni) che certamente danno 20 informazioni riguardanti l'evento sismico.

In questa ottica non è necessario un riconoscimento “effettivo” del sisma da parte di una apparecchiatura automatica, in quanto l'evento sismico risulta comunque “riconosciuto” ed evidenziato; una volta noto che è accaduto un evento sismico “significativo” un operatore (il Responsabile dell'edificio sopra menzionato) estrae i 25 dati dalla memoria di massa delle una o più unità di acquisizione e li fa pervenire, ad

esempio tramite Internet, ad un computer esterno (esterno, cioè, al sistema di monitoraggio sismico) dotato di software atto ad effettuare la doppia integrazione nel tempo della time history delle accelerazioni misurate dai sensori accelerometrici.

- Si evidenzia che l'utilizzo tipico dei dati forniti da un sistema di monitoraggio
- 5 sismico ottenuto secondo il presente trovato si inserisce nelle procedure tradizionalmente adottate per la verifica di strutture dopo un evento sismico. Si ha infatti che l'edificio, in corrispondenza del quale è stato installato il sistema di monitoraggio sismico, dopo un evento sismico, viene immediatamente evacuato; successivamente è possibile rientrare nell'edificio se e quando l'ingegnere incaricato
- 10 di effettuare le verifiche post-sisma dell'edificio, effettuati i necessari sopralluoghi e tenuto conto dei dati ottenuti dal sistema di monitoraggio sismico, abbia riscontrato che l'edificio, ed in particolare la sua struttura, sostanzialmente non hanno subito danni o comunque non hanno subito danni tali da sconsigliare il riutilizzo immediato dell'edificio.
- 15 L'intelligenza del sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato risulta ridotta rispetto all'intelligenza necessaria a molti altri sistemi di monitoraggio “teoricamente equivalenti” presenti nella tecnica nota. Si fa notare che, nonostante tale “semplicità” ed in mancanza di una unità di elaborazione compresa nel sistema di monitoraggio sismico stesso, si ha che i risultati ottenuti
- 20 elaborando i dati provenienti dalla unità di acquisizione sono caratterizzati da notevole accuratezza ed affidabilità, nell'ambito delle ipotesi, dei criteri e delle condizioni in cui occorre operare.

- Si sottolinea che la “perdita” della prestazione di “risposta in tempo reale” (la risposta in tempo reale, spesso, non è indispensabile) in molti casi è, nella pratica,
- 25 facilmente superabile.

Il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato permette di acquisire dati che, di regola, sono assai importanti per individuare la risposta sismica della struttura sottoposta ad un evento sismico significativo. Il sistema di monitoraggio sismico permette di ottenere i valori degli spostamenti “reali (in quanto misurati)” durante il sisma dei punti della struttura in cui sono installati i sensori accelerometrici. Tali dati, unitamente a molti altri dati riguardanti l’edificio in esame ed in particolare la sua situazione dopo l’evento sismico, permettono all’ingegnere (che effettua la verifica post-sisma dell’edificio) di prendere decisioni il più consapevoli e documentate possibili riguardanti l’edificio considerato ed, in particolare, riguardanti la struttura del suddetto edificio.

Si evidenzia quanto segue.

Alcuni sistemi di monitoraggio sismico secondo la tecnica nota comprendono unità di elaborazione dati che sono poste all’interno dell’edificio monitorato; altri sistemi di monitoraggio sismico secondo la tecnica nota trasmettono i dati misurati ad elaboratori elettronici remoti con il quale tali sistemi di monitoraggio sismico dialogano; nei suddetti elaboratori elettronici remoti sono presenti specifici software, correlati alle apparecchiature installate negli edifici da monitorare.

Tali sistemi di monitoraggio sismico possono, in modo automatico, inviare a prefissati indirizzi messaggi che caratterizzano i risultati delle misure e delle elaborazioni effettuate.

Tutti i sistemi di monitoraggio sismico sopra menzionati presenti nella tecnica nota non soddisfano la diffusa, “corrente” esigenza di disporre di uno strumento, di costo contenuto, ma di grande efficacia, che registri le accelerazioni dei punti significativi della struttura e che, mediante una elaborazione dei dati stessi, permetta di conoscere, oltre alle accelerazioni, gli spostamenti dei suddetti punti significativi

della struttura.

- I sensori accelerometrici utilizzati in un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato possono essere di vario tipo e possono essere dotati di diverse caratteristiche, tutte rientranti nell’ambito del presente trovato: in particolare
- 5 in ciascun sensore accelerometrico possono essere presenti vari componenti, oltre ad uno o più accelerometri; in particolare possono essere presenti uno o più microprocessori cosiddetti “principali” ed uno o più microprocessori di controllo che permettono di controllare il corretto funzionamento degli uno o più microprocessori principali, un sensore di temperatura, un sensore di orientamento, ecc..
- 10 Gli accelerometri, poi, possono appartenere a varie tipologie, e possono essere, ad esempio, di tipo capacitivo o di tipo piezoelettrico, o anche di altri tipi.

Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato comprende strumentazioni ed apparecchiature che acquisiscono e memorizzano in una o più memorie di massa (comprese rispettivamente in una o più unità di acquisizione;

15 ciascuna unità di acquisizione comprende una memoria di massa) o soltanto dati considerati “significativi” ai fini del rilevamento sismico o tutti i dati ad esse trasmessi dai sensori accelerometrici.

Dopo un evento sismico il Responsabile dell’edificio ha il compito di recuperare i dati dalle una o più unità di acquisizione e di trasmettere all’ingegnere che è stato

20 incaricato di verificare l’edificio i dati memorizzati nelle una o più unità di acquisizione facenti parte del sistema di monitoraggio sismico dell’edificio stesso.

Si fa presente che, nel caso in cui il Responsabile dell’edificio invii direttamente all’ingegnere le misure di accelerazione effettuate dai sensori accelerometrici e gli istanti in cui tali misure sono state effettuate, vengono, di regola, forniti

25 all’ingegnere anche i dati relativi ai filtri (realizzati con calcoli numerici) da

utilizzare per il calcolo degli spostamenti dei punti significativi della struttura. Tra i dati trasmessi dal Responsabile dell’edificio al suddetto ingegnere sono compresi anche gli elaborati grafici relativi al progetto del sistema di monitoraggio sismico con l’ubicazione, la denominazione e l’orientamento di tutti i sensori accelerometrici

5 (oltre che delle una o più unità di acquisizione).

In pratica il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato o memorizza (con le una o più unità di acquisizione) i dati (provenienti dai sensori accelerometrici) che hanno una “anomalia” (in quanto sono superiori rispetto a prefissati valori di soglia stabiliti durante il progetto e l’installazione del sistema di

10 monitoraggio sismico stesso) o memorizza tutti i dati provenienti dai sensori accelerometrici (senza distinguere se essi hanno o non anno le suddette “anomalie”). E’ prevedibile che, in alcuni casi, tali anomalie siano dovute ad azioni dinamiche non correlate ad un evento sismico; ciò non crea particolari problemi in quanto la individuazione di segnali “anomali”, secondo quanto è stato prima scritto, ha come

15 unico effetto quello di far memorizzare tali dati nella memoria di massa delle una o più unità di acquisizione.

Le una o più unità di acquisizione non riconoscono l’evento sismico; l’evento sismico viene riconosciuto e rilevato o da sistemi di rilevazione sismica pubblici e/o semplicemente dagli abitanti della zona colpita da evento sismico.

20 In un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato ciascuna delle una o più unità di acquisizione è posizionata all’interno di contenitori che possono resistere anche a condizioni di carico estreme. Tale caratteristica li rende idonei ad operare anche nel caso in cui, durante l’evento sismico si verifichino distacchi di parti dell’edificio (quali, ad esempio, elementi di finitura, scaffalature, ecc.) che vanno a colpire tali contenitori. In generale, poi, tali uno o più contenitori

(con all'interno le una o più unità di acquisizione) vengono posizionati in parti periferiche dell'edificio, comunque facilmente accessibili, oppure, preferibilmente, vengono posizionati esternamente all'edificio, anche ad una certa distanza da esso.

Tali contenitori, in ogni caso, sono dotati di caratteristiche di impermeabilità
5 all'acqua e sono tali da non permettere la penetrazione di polveri; tali contenitori sono provvisti di sportelli di accesso, anche essi dotati di adeguate caratteristiche di resistenza e di sicurezza.

Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, di regola, comprende un numero ridondante di sensori accelerometrici. Infatti, durante
10 l'evento sismico, è possibile che, in alcuni casi, si verifichino danneggiamenti di alcuni dei sensori accelerometrici solidali agli elementi strutturali, così che, al fine di assicurare che vengano acquisiti e memorizzati dati in numero tale da poter ricostruire, ad esempio, gli spostamenti di un orizzontamento, risulta importante che, in corrispondenza di tale orizzontamento, sia installato un numero di sensori
15 accelerometrici superiore al numero minimo strettamente necessario. Particolare cura, è necessaria, nel prevedere il tracciato delle linee di comunicazione (e quindi dei cavi) che collegano i vari componenti del sistema di monitoraggio sismico.

Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato, viene applicato ad una struttura di cui si conoscono a priori i possibili meccanismi di
20 collasso che devono essere meccanismi di tipo duttile; a tal fine occorre che, in tale struttura, sia garantito il rispetto dei criteri propri della gerarchia delle resistenze e che siano correttamente progettati ed eseguiti (in accordo a quanto è previsto dalle regole della tecnica delle costruzioni che riguardano le strutture poste in zone sismiche) i dettagli costruttivi che assicurano il comportamento duttile degli
25 elementi strutturali atti a resistere alle azioni sismiche.

Si fa notare che nel caso delle strutture 11 e 41, che sono realizzate con elementi sismo-resistenti prefabbricati aventi lo schema statico di aste incastrate alla base ed incernierate in sommità, i meccanismi di rottura duttili possibili prevedono la formazione di cerniere plastiche nelle zone delle aste (dei pilastri) prossime alle

5 fondazioni. In corrispondenza del collasso si verificano, a causa di tali cerniere plastiche, notevoli spostamenti relativi tra la base e la sommità di tali aste (dei pilastri). Si evidenzia che la formazione di cerniere plastiche in corrispondenza delle estremità dei pilastri, è tipica delle strutture prefabbricate (con pilastri incastrati alla base e travi collegate ai pilastri con vincoli schematizzabili come cerniere), come le

10 strutture 11 e 41 prefabbricate.

Si fa presente che, nelle strutture illustrate nella presente descrizione, gli elementi strutturali verticali sismo-resistenti sono costituiti da pilastri e da setti; tuttavia è, in generale, possibile, installare un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato anche in corrispondenza di strutture che comprendono altre

15 tipologie di elementi strutturali (in aggiunta o in sostituzione a pilastri ed a setti).

Al fine di assicurare il funzionamento continuo del sistema di monitoraggio sismico anche nel caso di interruzione della erogazione di corrente elettrica, è, di regola, prevista l'adozione di un gruppo di continuità (come il gruppo di continuità 6). In aggiunta al gruppo di continuità si può utilizzare un gruppo elettrogeno (come il

20 gruppo elettrogeno 12), collegato al gruppo di continuità; il gruppo elettrogeno si attiva automaticamente quando la mancanza di erogazione di corrente elettrica da parte della rete esterna si protrae per un intervallo di tempo superiore ad un prefissato valore (ad esempio dieci minuti); il gruppo elettrogeno, dunque, permette al sistema di monitoraggio sismico di funzionare anche per un lungo periodo in

25 assenza di erogazione di corrente elettrica da parte della rete esterna.

Un sistema di monitoraggio sismico secondo il presente trovato può essere installato in corrispondenza della struttura di un edificio di nuova costruzione; in tal caso il suddetto sistema di monitoraggio sismico è funzionante a partire dalla entrata in esercizio dell'edificio stesso.

- 5 Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato può essere installato anche in corrispondenza della struttura di un edificio esistente.

Si sottolinea che un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato può essere installato in corrispondenza della struttura di un edificio la quale comprende elementi strutturali prefabbricati di calcestruzzo armato e/o di
10 calcestruzzo armato precompresso.

Nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico di cui al presente trovato venga applicato ad un edificio esistente (così come nel caso dell'edificio 70), prima dell'applicazione del sistema di monitoraggio sismico stesso, occorre individuare tutti i possibili meccanismi di rottura della struttura dell'edificio. È evidente che ciò
15 implica, tra l'altro, la conoscenza accurata delle caratteristiche geometriche e meccaniche della struttura, nonché le caratteristiche del terreno su cui insiste l'edificio. Occorre poi progettare ed eseguire opere di ristrutturazione tali da impedire il verificarsi di meccanismi di rottura fragili.

Una volta che l'edificio esistente è stato così ristrutturato eliminando i possibili
20 meccanismi di rottura fragili, si procede allo studio ed alla installazione del sistema di monitoraggio sismico secondo il presente trovato.

Un sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato comprende, preferibilmente, sensori accelerometrici triassiali, pur potendo comprendere anche unicamente sensori accelerometrici monoassiali.

25 Si sottolinea che il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente

trovato si presenta come uno strumento assai utile che fornisce conoscenze oggettive all’ingegnere che deve valutare la situazione dell’edificio, una volta che si è verificato un evento sismico.

Si fa notare che, in assenza del sistema di monitoraggio sismico della struttura, la 5 valutazione degli spostamenti relativi massimi è effettuata, in modo necessariamente molto approssimato, osservando “a posteriori” gli effetti causati da tali spostamenti relativi.

Si sottolinea che l’unico modo per conoscere “esattamente” il valore degli spostamenti massimi dei punti significativi della struttura è quello di misurarli 10 intanto che essi avvengono e, cioè durante l’evento sismico.

Si fa presente, inoltre, che il sistema di monitoraggio sismico permette di conoscere i valori degli spostamenti di parti di strutture che rimangono nascoste da elementi costruttivi non strutturali quali elementi di finitura, controsoffitti ecc..

Nella presente descrizione si sono sopra descritti casi in cui la strategia di 15 memorizzazione dei dati nelle una o più unità di acquisizione prevede la individuazione di pacchetti di dati critici che individuano, con la loro presenza intervalli di tempo, di opportuna durata, durante ciascuno dei quali, le una o più unità di acquisizione memorizzano “continuamente” (si intende: per tutta la durata dell’intervallo di tempo considerato) tutti i dati ad esse trasmessi dai sensori 20 accelerometrici. Si è descritto anche un caso nel quale la memorizzazione dei dati avviene sempre continuamente. Si ricorda che in ciascuno dei casi sopra menzionati, in base alla capacità della memoria di massa della unità di acquisizione considerata, l’unità di acquisizione stessa memorizza i dati più recenti e cancella i dati meno recenti (più vecchi). Si fa notare che possono essere adottati anche diversi criteri, 25 diversi da quelli illustrati, atti ad individuare gli intervalli in cui le una o più unità di

acquisizione devono memorizzare i dati.

Nel caso in cui i cavi che collegano i sensori accelerometrici alle unità di acquisizione (come i cavi 5, 35, 65) o i cavi che collegano tra loro le unità di acquisizione siano particolarmente lunghi, si introducono lungo le linee elementi

5 ripetitori dei segnali.

Un vantaggio del presente trovato consiste nel fatto che il sistema di monitoraggio sismico ottenuto secondo il presente trovato fornisce misure “reali” (nel senso di: “effettivamente verificatesi durante l’evento sismico”) degli spostamenti relativi tra punti significativi della struttura.

10 Tali misure costituiscono la base “oggettiva” e “dimostrabile” delle valutazioni di danno della struttura ed offrono uno strumento assai utile per capire e valutare la situazione post sisma dell’edificio.

Un ulteriore vantaggio del presente trovato consiste nel fatto che i dati raccolti dal sistema di monitoraggio sismico possono essere utilizzati, se coordinati e studiati 15 insieme a quelli di altri edifici “analogamente monitorati”, per accrescere le conoscenze sul comportamento delle strutture soggette ad azioni sismiche.

Un ulteriore vantaggio del presente trovato consiste nel fatto che i dati raccolti da vari sistemi di monitoraggio sismico (ottenuti secondo il presente trovato) installati su edifici posti in un determinato territorio possono essere utilizzati, opportunamente 20 studiati e correlati, per accrescere le conoscenze in ambito sismico del territorio suddetto e delle strutture situate nel territorio stesso.

RIVENDICAZIONI

1) - Sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) installato in corrispondenza della struttura (11, 41, 71) di un edificio (10, 40, 70), detta struttura (11, 41, 71) essendo tale per cui in essa sono impediti meccanismi di rottura fragili e sono possibili 5 unicamente meccanismi di rottura duttili, detto sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) comprende:

- una pluralità di sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) posizionati in corrispondenza di punti significativi della struttura (11, 41, 71);
- una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) a cui sono collegati detti 10 sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d); ciascuna di dette una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) ininterrottamente riceve i dati provenienti dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) ad essa collegati;

il sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60), una volta installato in corrispondenza 15 della struttura (11, 41, 71) ed una volta attivato, funziona ininterrottamente, a meno delle pause dovute a manutenzione o a sostituzione di componenti, per tutta la vita utile della struttura (11, 41, 71),

sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) caratterizzato dal fatto che i sensori 20 accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) misurano, con una prefissata frequenza, i valori delle accelerazioni dei punti della struttura (11, 41, 71) in corrispondenza dei quali detti sensori accelerometrici sono posizionati; una delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) sincronizza le misure di tutti i 25 sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) compresi nel sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) indicando a tutti i sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) gli istanti in cui essi devono effettuare le misure (di

accelerazione);

ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) comprende, oltre ad una memoria RAM, una memoria di massa nella quale viene memorizzata almeno parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 5 62b, 62c, 62d) collegati a detta unità di acquisizione e trasmessi da detti sensori accelerometrici a detta unità di acquisizione; in detta memoria di massa vengono anche memorizzati gli istanti in cui tali dati sono stati misurati; detta memoria di massa è estraibile;

ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) conserva nella 10 sua memoria di massa unicamente i dati più recenti, cancellando i dati meno recenti prima di introdurre nuovi dati;

ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) fornisce anche la necessaria energia elettrica ai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) ad essa collegati;

15 detto sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60), nel caso in cui detta struttura (11, 41, 71) sia sottoposta ad azioni sismiche, è atto ad essere utilizzato per poter individuare, oltre alle accelerazioni, anche gli spostamenti di detti punti della struttura (11, 41, 71) nei quali sono posizionati i sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d); detti spostamenti sono ottenuti mediante elaborazione, 20 eseguita dopo l'evento sismico, delle misure di accelerazione effettuate da detti sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d); detta elaborazione è effettuata mediante un computer esterno che non fa parte di detto sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) e che è posto al di fuori della struttura (11, 41, 71) monitorata.

25 2) - Sistema di monitoraggio sismico secondo la rivendicazione 1) caratterizzato dal

- fatto che, nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico (30, 60) comprenda più di una unità di acquisizione (33a, 33b, 63a, 63b), una di dette unità di acquisizione è la unità di acquisizione (33a, 63a) master e le una o più restanti unità di acquisizione sono le unità di acquisizione (33b, 63b) slave;
- 5 ciascuna delle una o più unità di acquisizione (33b, 63b) slave e la unità di acquisizione (33a, 63a) master sono collegate ai relativi uno o più sensori accelerometrici (32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d); le una o più unità di acquisizione (33b, 63b) slave sono collegate alla unità di acquisizione (33a, 63a) master;
- la unità di acquisizione (33a, 63a) master sincronizza le misure di tutti i sensori
- 10 accelerometrici (32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) compresi in detto sistema di monitoraggio sismico (30, 60) indicando a tutti i sensori accelerometrici (32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) gli istanti in cui essi devono effettuare le misure di accelerazione; la sincronizzazione viene attuata utilizzando segnali inviati, mediante una specifica linea di trasmissione dati, dalla unità di acquisizione (33a, 63a) master
- 15 agli uno o più sensori accelerometrici (32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) compresi in detto sistema di monitoraggio sismico (30, 60).
- 3) - Sistema di monitoraggio sismico secondo la rivendicazione 2) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione slave trasmette i dati già memorizzati nella propria memoria di massa alla unità di acquisizione master la
- 20 quale li memorizza nella propria memoria di massa, in aggiunta ai dati già memorizzati in detta memoria di massa misurati dai sensori accelerometrici direttamente collegati all'unità di acquisizione master.
- 4) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 2) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b) ed i relativi
- 25 sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) sono collegati tra loro mediante una rete

CAN bus (CAN sta per: Controller Area Network).

- 5) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 2) caratterizzato dal fatto che a ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b) sono collegate una o più linee CAN bus; a ciascuna di dette una o più linee CAN bus è 5 collegata una pluralità di sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b).
- 6) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 4) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b) ed i relativi sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) sono collegati tra loro mediante linee di trasmissione dati comprendenti una o più linee CAN bus sulle 10 quali si trasmettono i dati misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b), una linea di sincronizzazione che è una linea specifica mediante la quale vengono indicati gli istanti in cui i sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) devono effettuare le misure, ed una linea di trasmissione dei segnali di errore che è una linea specifica per la trasmissione dei messaggi di malfunzionamento; ciascuna di dette 15 unità di acquisizione (3, 33a, 33b) è collegata ai relativi sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) anche mediante una linea elettrica tramite la quale detta unità di acquisizione alimenta i sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) ad essa collegati.
- 7) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 4) caratterizzato dal fatto che le unità di acquisizione (33a, 33b) sono tra loro collegate 20 mediante linee di trasmissione dati comprendenti una prima linea di sincronizzazione che è utilizzata per sincronizzare tutti i sensori accelerometrici (32a, 32b), una seconda linea di sincronizzazione che è utilizzata per sincronizzare gli istanti in cui tutte le due o più unità di acquisizione (33a, 33b) iniziano a formare 25 pacchetti di dati ed una linea per la segnalazione dei pacchetti di dati critici.

- 8) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 4) caratterizzato dal fatto che ciascun sensore accelerometrico (2a, 2b, 32a, 32b) comprende uno o più accelerometri, un microprocessore principale, un microprocessore di controllo, un sensore di temperatura, un driver CAN bus, un circuito segnalatore di errore, un circuito per l'ingresso del segnale di clock, due connettori atti a collegare il sensore accelerometrico (2a, 2b, 32a, 32b) considerato alla rete CAN bus e ad altre linee di trasmissione dati, una unità di alimentazione ed un elemento di contenimento, all'interno del quale sono posizionati tutti i componenti sopra elencati; detto microprocessore principale, tra l'altro, trasforma i segnali analogici ricevuti da detti uno o più accelerometri in dati digitali ed effettua controlli almeno relativi al funzionamento di detti uno o più accelerometri.
- 9) - Sistema di monitoraggio sismico secondo le rivendicazioni 1) e 4) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b) comprende un microprocessore, un sistema di comunicazione con l'utente, una memoria RAM, una memoria di massa nella quale viene memorizzata almeno parte dei dati trasmessi dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) collegati a detta unità di acquisizione, un generatore di clock, un USB bus driver per la gestione della memoria di massa, un circuito per l'ingresso dei messaggi di errore provenienti dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b), connettori per il collegamento con una o più linee CAN bus e per l'eventuale collegamento con altre unità di acquisizione (3, 33a, 33b) comprese nel suddetto sistema di monitoraggio sismico (1, 30), un trasformatore ed una unità di alimentazione; detta memoria di massa è estraibile.
- 10) - Sistema di monitoraggio sismico secondo la rivendicazione 1) caratterizzato dal fatto che la memoria di massa estraibile è costituita da una chiave USB.
- 25 11) – Procedimento per effettuare il monitoraggio sismico di una struttura (11, 41,

71) sulla quale è installato un sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) secondo la rivendicazione 1) caratterizzato dal fatto che prevede le seguenti operazioni:

- esecuzione, da parte dei sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d), delle misure di accelerazione dei punti della struttura (11, 41, 71) in corrispondenza dei quali detti sensori accelerometrici sono posizionati; ciascun sensore accelerometrico (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) trasmette, in tempo reale, le misure effettuate alla unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) a cui è collegato; dette misure sono effettuate, con una prefissata frequenza, negli istanti indicati a detti sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) da una delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) comprese nel sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60);
 - acquisizione, da parte di ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b), dei dati misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) ad essa collegati e memorizzazione, da parte di ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b), nella propria memoria di massa, che è estraibile, di almeno parte dei dati misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) collegati a detta unità di acquisizione e ad essa trasmessi; ciascuna di dette una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) memorizza nella propria memoria di massa, oltre a detta almeno parte dei valori delle accelerazioni misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) ad essa collegati, anche gli istanti in cui essi sono misurati;
 - recupero, dopo un evento sismico che interessa detta struttura (11, 41, 71), dei dati memorizzati da dette una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b);
- detto recupero è effettuato accedendo alla memoria di massa di almeno una unità

- di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) ed estraendo detta memoria di massa da detta almeno una unità di acquisizione;
- trasferimento di detti dati memorizzati (e recuperati) ad un computer esterno che non fa parte di detto sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) e che è posto al di fuori della struttura (11, 41, 71) monitorata; per mezzo di detto computer esterno, a partire dalle time history (storie temporali) delle accelerazioni dei punti di detta struttura nei quali i sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b, 62a, 62b, 62c, 62d) sono posizionati, si calcolano le time history (storie temporali) degli spostamenti di detti punti della struttura (11, 41, 71).
- 10 12) – Procedimento secondo la rivendicazione 11), caratterizzato dal fatto che detto recupero è effettuato accedendo alla memoria di massa di ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b, 63a, 63b) comprese nel sistema di monitoraggio sismico (1, 30, 60) ed estraendo detta memoria di massa da ciascuna di dette una o più unità di acquisizione.
- 15 13) – Procedimento secondo la rivendicazione 11), caratterizzato dal fatto che detto recupero e detto trasferimento dei dati sono effettuati con operazioni manuali.
- 14) – Procedimento secondo la rivendicazione 11) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b), al fine di memorizzare nella propria memoria di massa unicamente parte dei dati ad essa trasmessi dai sensori accelerometrici (2a, 2b, 32a, 32b) ad essa collegati, effettua, sostanzialmente in tempo reale, una elaborazione di detti dati.
- 20 15) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 14) caratterizzato dal fatto che, nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico (1) comprenda, oltre a sensori accelerometrici (2a, 2b), una unità di acquisizione (3), detta unità di acquisizione (3) effettua detta elaborazione dei dati suddividendo i dati ricevuti da detti sensori

accelerometrici in pacchetti di dati e calcolando parametri di riferimento, relativi ai dati contenuti in ciascuno di detti pacchetti di dati, al fine di individuare, seguendo prefissati criteri, se i valori di tali parametri sono superiori a prefissati valori di soglia; se ciò si verifica, e quindi se il pacchetto di dati esaminato è individuato 5 come “critico” la unità di acquisizione (3) memorizza nella sua memoria di massa tale pacchetto di dati ed un prefissato numero di pacchetti di dati, antecedenti il pacchetto di dati che sta elaborando, mantenuti nella memoria RAM di detta unità di acquisizione; detta unità di acquisizione (3) continua la memorizzazione dei dati trasmessi dai sensori accelerometrici (2a, 2b) per un tempo sufficientemente lungo, 10 misurato a partire dall’istante in cui detta unità di acquisizione ha individuato l’ultimo pacchetto di dati critico.

16) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 15) caratterizzato dal fatto che, nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico (1) comprenda, oltre a sensori accelerometrici (2a, 2b), una unità di acquisizione (3), detta unità di acquisizione (3) 15 suddivide continuamente, secondo una prefissata cadenza temporale (frequenza), i dati misurati dai sensori accelerometrici (2a, 2b) in pacchetti di dati, tutti composti da un medesimo prefissato numero di dati; detto t_1 l’istante in cui inizia la formazione di un generico pacchetto di dati e detto t_2 l’istante in cui termina la formazione di detto pacchetto di dati, si ha che è l’intervallo temporale in cui detto 20 pacchetto di dati è formato, è pari a $t_2 - t_1$; detto intervallo temporale è uguale e resta uguale nel tempo per tutti i pacchetti di dati; nell’istante t_{2i} , in cui viene completato il pacchetto di dati i-esimo, sono presenti nella memoria RAM della unità di acquisizione (3) il pacchetto di dati i-esimo e gli 25 N ultimi (più recenti) pacchetti di dati formati immediatamente prima dell’i-esimo pacchetto di dati, essendo N un prefissato numero intero;

ciacun pacchetto di dati comprende un insieme di gruppi di dati; ciascun gruppo di dati è relativo ad una delle una o più componenti dell’accelerazione misurate da un sensore accelerometrico (2a, 2b) (che è collegato alla unità di acquisizione (3)); il numero dei gruppi di dati compresi in un generico pacchetto di dati è, dunque, pari

5 al numero dei sensori accelerometrici (2a, 2b) collegati all’unità di acquisizione (3), moltiplicato per il numero delle componenti dell’accelerazione misurate da ciascuno di detti sensori accelerometrici;

la unità di acquisizione (3), dopo aver formato il pacchetto di dati i-esimo, procede alla formazione del pacchetto di dati successivo ed elabora i dati di detto pacchetto

10 di dati i-esimo; in particolare detta unità di acquisizione (3) elabora i dati di ciascuno di detti gruppi di dati compresi in detto pacchetto di dati i-esimo, per individuare se almeno uno di detti gruppi di dati è da considerarsi critico;

se tutti detti gruppi di dati compresi in detto pacchetto di dati i-esimo risultano non “critici” la unità di acquisizione (3) non memorizza nella sua memoria di massa i

15 dati di detto pacchetto di dati i-esimo;

se anche uno solo di detti gruppi di dati, facente parte di detto pacchetto di dati i-esimo, risulta critico, l’unità di acquisizione (3) memorizza nella sua memoria di massa i dati contenuti in detto pacchetto di dati i-esimo che viene individuato come “pacchetto di dati critico”;

20 la unità di acquisizione (3), inoltre, memorizza nella sua memoria di massa gli N pacchetti di dati presenti nella sua memoria RAM precedentemente formati; detti pacchetti di dati sono quelli immediatamente precedenti detto pacchetto di dati critico;

l’unità di acquisizione (3) continua a memorizzare nella propria memoria di massa

25 tutti i dati trasmessi dai sensori accelerometrici (2a, 2b) (ad essa collegati) e

continua a formare i pacchetti di dati e ad elaborare i dati di ciascuno di detti pacchetti di dati, al fine di individuare i pacchetti di dati critici; l'unità di acquisizione (3) interrompe la memorizzazione dei dati nella propria memoria di massa solo dopo che è trascorso un prefissato intervallo di tempo (pari a J volte 5 l'intervallo temporale in cui ciascun pacchetto di dati è formato) durante il quale l'unità di acquisizione (3) non ha rilevato alcun pacchetto di dati critico, essendo J un prefissato numero intero.

17) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 14) caratterizzato dal fatto che, nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico (30) comprenda, oltre a sensori 10 accelerometrici (32a, 32b), più di una unità di acquisizione (33a, 33b) tra loro sincronizzate, una unità di acquisizione (33a, 33b) è la unità di acquisizione master e ciascuna delle restanti una o più unità di acquisizione (33a, 33b) è una unità di acquisizione slave; la unità di acquisizione (33a) master sincronizza sé stessa e le una o più unità di acquisizione (33b) slave;

15 ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b) effettua detta elaborazione dei dati suddividendo i dati ricevuti dai sensori accelerometrici (32a, 32b) ad essa collegati in pacchetti di dati (la cui formazione è sincronizzata dall'unità di acquisizione (33a) master) e calcolando parametri di riferimento, relativi ai dati contenuti in ciascuno di detti pacchetti di dati al fine di individuare, seguendo prefissati criteri, se i valori di 20 tali parametri sono superiori a prefissati valori di soglia; se ciò si verifica, e quindi se il pacchetto di dati esaminato è individuato come “critico” la unità di acquisizione (33a, 33b) considerata memorizza nella sua memoria di massa detto pacchetto di dati ed un prefissato numero di pacchetti di dati, antecedenti il pacchetto di dati che sta elaborando, mantenuti nella memoria RAM di detta unità di acquisizione; inoltre 25 detta unità di acquisizione (33a, 33b) comunica, in tempo reale, la presenza di detto

pacchetto di dati critico a ciascuna delle altre una o più unità di acquisizione (33a, 33b);

ciascuna di dette altre una o più unità di acquisizione (33a, 33b) memorizza, allora, nella propria memoria di massa i pacchetti di dati presenti nella propria memoria

5 RAM;

ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b) compresa in detto sistema di monitoraggio sismico (30) continua la memorizzazione dei dati trasmessi da tutti i sensori accelerometrici (32a, 32b) ad essa collegati per un tempo sufficientemente lungo, misurato a partire dall'istante in cui è stato individuato da una qualunque di dette

10 unità di acquisizione (33a, 33b) un pacchetto di dati critico.

18) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 17) caratterizzato dal fatto che, nel caso in cui il sistema di monitoraggio sismico (30) comprenda, oltre a sensori accelerometrici, (32a, 32b) più di una unità di acquisizione (33a, 33b), una unità di acquisizione (33a, 33b) è la unità di acquisizione master e ciascuna delle restanti una

15 o più unità di acquisizione (33a, 33b) è una unità di acquisizione slave;

ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b) suddivide continuamente, secondo una prefissata cadenza temporale (frequenza), i dati misurati dai sensori accelerometrici (32a, 32b) ad essa collegati in pacchetti di dati, tutti composti da un medesimo prefissato numero di dati;

20 detto t_1 l'istante in cui inizia la formazione di un generico pacchetto di dati e detto t_2 l'istante in cui termina la formazione di detto pacchetto di dati, si ha che l'intervallo temporale in cui detto pacchetto di dati è formato, è pari a $t_2 - t_1$; detto intervallo temporale è uguale e resta uguale nel tempo per tutti i pacchetti di dati e per ciascuna delle una o più unità di acquisizione (33a, 33b);

25 tutte le unità di acquisizione (33a, 33b) comprese in detto sistema di monitoraggio

sismico (30) sono tra loro sincronizzate; la funzione di generatore di clock è svolta dall’unità di acquisizione (33a) master;

la unità di acquisizione (33a) master indica a sé ed a ciascuna delle una o più unità di acquisizione (33b) slave, gli istanti iniziali per la formazione dei pacchetti di dati;

5 nell’istante t_{2i} , in cui viene completato il pacchetto di dati i-esimo, sono presenti nella memoria RAM di ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b) il pacchetto di dati i-esimo e gli N ultimi (più recenti) pacchetti di dati formati da detta unità di acquisizione immediatamente prima dell’i-esimo pacchetto di dati, essendo N un prefissato numero intero;

10 in ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b), ciascun pacchetto di dati comprende un insieme di gruppi di dati; ciascun gruppo di dati è relativo ad una delle una o più componenti dell’accelerazione misurate da uno dei sensori accelerometrici (32a, 32b) collegati alla unità di acquisizione (33a, 33b) considerata; il numero dei gruppi di dati compresi in un generico pacchetto di dati è, dunque, pari al numero dei

15 sensori accelerometrici (32a, 32b) collegati alla unità di acquisizione (33a, 33b) considerata moltiplicato per il numero delle componenti dell’accelerazione misurate da ciascuno di detti sensori accelerometrici;

ciascuna unità di acquisizione (33a, 33b), dopo aver formato il pacchetto di dati i-esimo, procede alla formazione del pacchetto di dati successivo ed elabora i dati di

20 detto pacchetto di dati i-esimo; in particolare elabora i dati di ciascuno di detti gruppi di dati compresi in detto pacchetto di dati i-esimo per individuare se almeno uno di detti gruppi di dati è da considerarsi critico;

se tutti detti gruppi di dati compresi in detto pacchetto di dati i-esimo risultano non “critici” detta unità di acquisizione (33a, 33b) non memorizza nella sua memoria di

25 massa i dati di detto pacchetto di dati i-esimo; se anche uno solo di detti gruppi di

dati, facente parte di detto pacchetto di dati i-esimo, risulta critico, detta unità di acquisizione (33a, 33b) memorizza nella sua memoria di massa i dati contenuti in detto pacchetto di dati i-esimo che viene individuato come “pacchetto di dati critico”;

5 detta unità di acquisizione (33a, 33b), inoltre, memorizza nella sua memoria di massa gli N pacchetti di dati presenti nella sua memoria RAM precedentemente formati; detti N pacchetti di dati sono quelli immediatamente precedenti detto pacchetto di dati critico;

inoltre detta unità di acquisizione (33a, 33b) comunica, in tempo reale, la presenza

10 di detto pacchetto di dati critico a ciascuna delle altre una o più unità di acquisizione (33a, 33b);

 ciascuna di dette altre una o più unità di acquisizione (33a, 33b) memorizza nella propria memoria di massa il pacchetto di dati i-esimo da essa formato (detto i-esimo pacchetto di dati è contemporaneo a detto pacchetto di dati critico) e memorizza

15 nella propria memoria di massa anche i pacchetti di dati, precedentemente formati, presenti nella propria memoria RAM;

 ciascuna delle unità di acquisizione (33a, 33b) comprese in detto sistema di monitoraggio sismico (30) continua a memorizzare nella propria memoria di massa tutti i dati trasmessi dai sensori accelerometrici (32a, 32b) ad essa collegati e

20 continua a formare i pacchetti di dati e ad elaborare i dati di ciascuno di detti pacchetti di dati al fine di individuare i pacchetti di dati critici; ciascuna di dette unità di acquisizione (33a, 33b) interrompe la memorizzazione dei dati nella propria memoria di massa solo dopo che è trascorso un prefissato intervallo di tempo (pari a J volte l'intervallo temporale in cui ciascun pacchetto di dati è formato) durante il

25 quale nessuna delle unità di acquisizione (33a, 33b) comprese in detto sistema di

monitoraggio sismico (30) ha rilevato un pacchetto di dati critico, essendo J un prefissato numero intero.

- 19) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 14) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b), durante l'esame di 5 ciascun pacchetto di dati, calcola il valore efficace di ciascuno dei gruppi di dati compresi in detto pacchetto di dati; per ciascun gruppo di dati il valore efficace calcolato viene confrontato con un prefissato valore di soglia (valore di soglia RMS); se il valore efficace del gruppo di dati esaminato è maggiore di detto valore di soglia, allora detto gruppo di dati è considerato critico; detta unità di acquisizione 10 (3, 33a, 33b), inoltre, individua come “critico” il pacchetto di dati di cui fa parte detto gruppo di dati critico.
- 20) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) e 14) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (3, 33a, 33b), durante l'esame di ciascun pacchetto di dati, calcola il valore picco - picco di ciascuno dei gruppi di 15 dati compresi in detto pacchetto di dati; per ciascun gruppo di dati il valore picco - picco calcolato viene confrontato con un prefissato valore di soglia (valore di soglia picco - picco); se il valore picco - picco del gruppo di dati esaminato è maggiore di detto valore di soglia, allora detto gruppo di dati è considerato critico; detta unità di acquisizione (3, 33a, 33b), inoltre, individua come “critico” il pacchetto di dati di 20 cui fa parte detto gruppo di dati critico.
- 21) – Procedimento secondo le rivendicazioni 11) caratterizzato dal fatto che ciascuna delle una o più unità di acquisizione (63a, 63b) memorizza, nella propria memoria di massa estraibile, tutti i dati misurati dai sensori accelerometrici (62a, 62b, 62c, 62d) ad essa collegati.

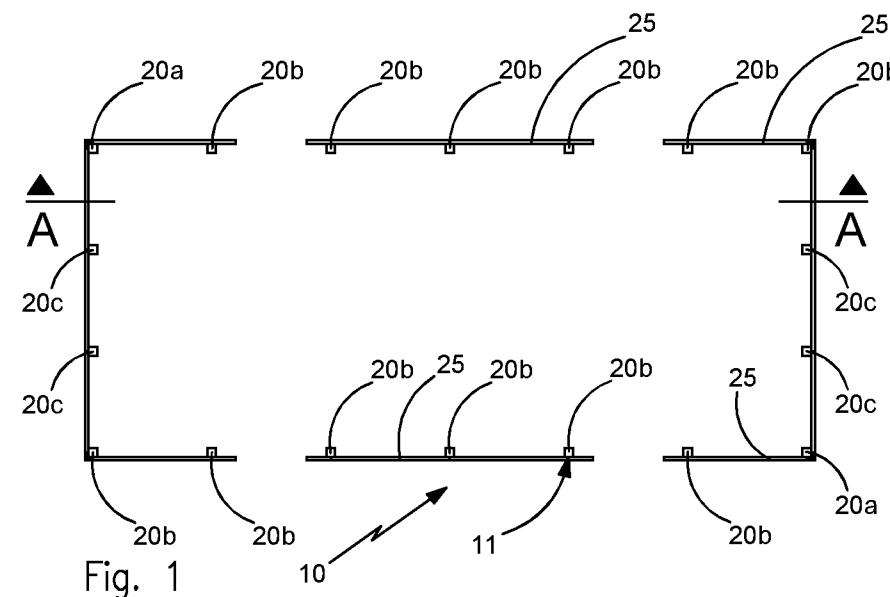


Fig. 1

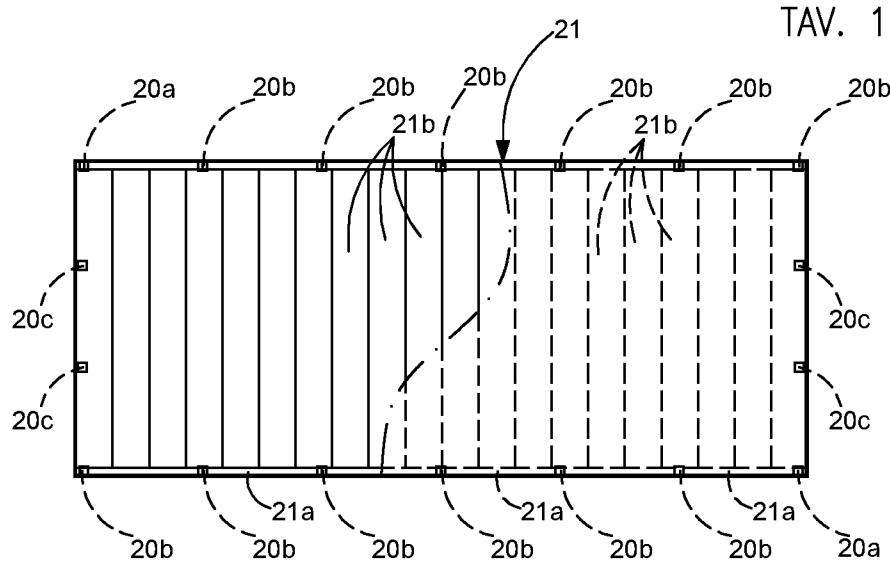


Fig. 2

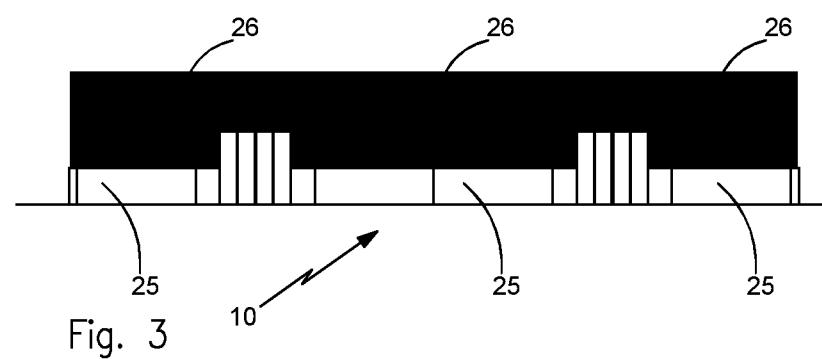


Fig. 3

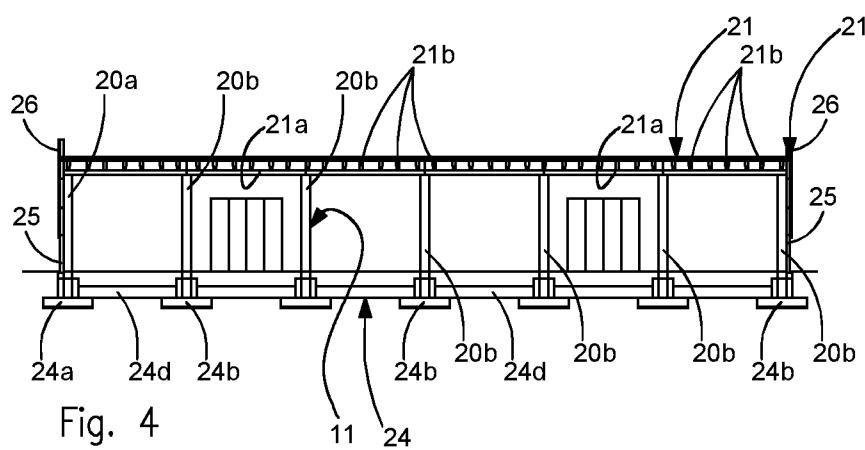
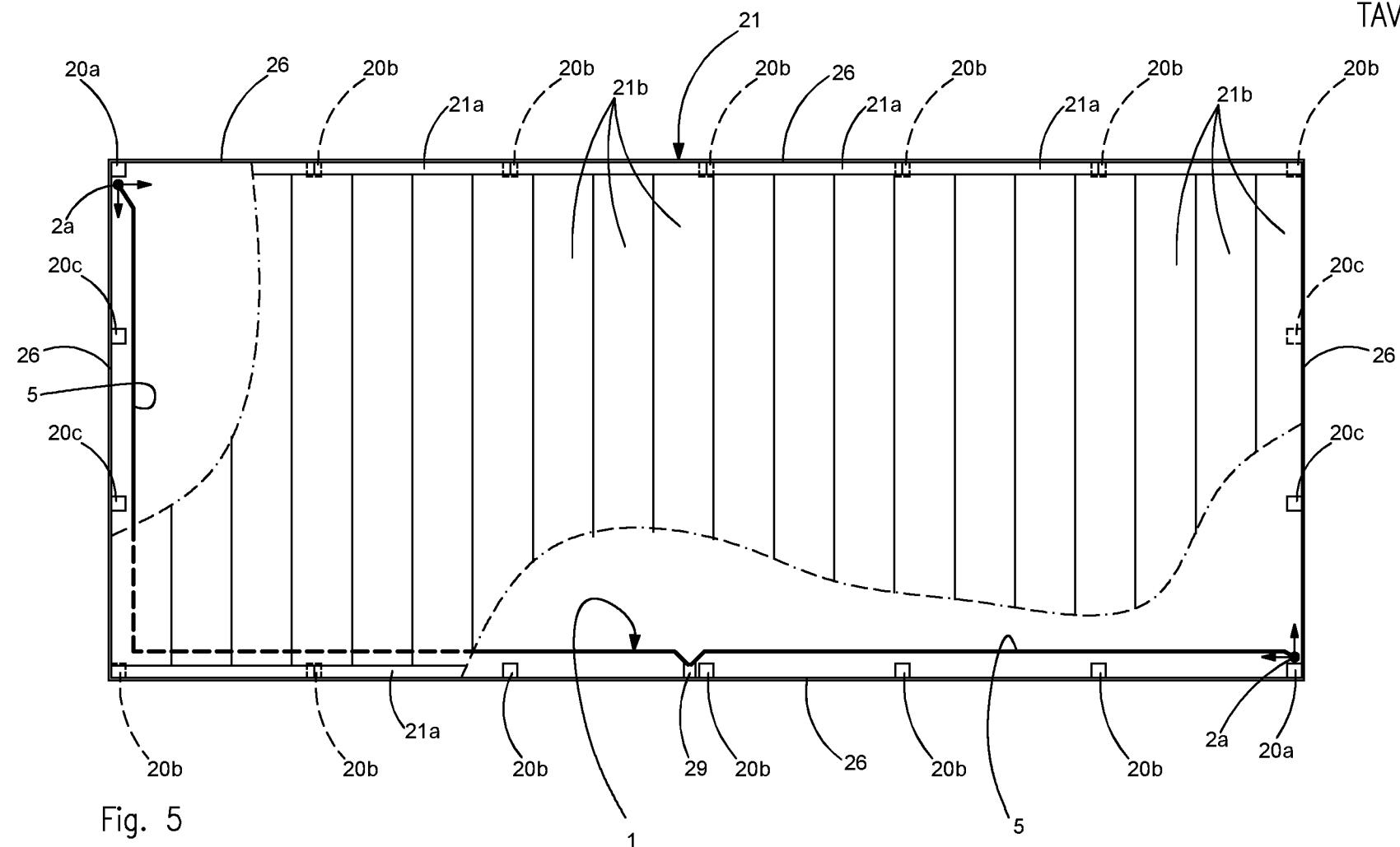


Fig. 4

TAV. 2



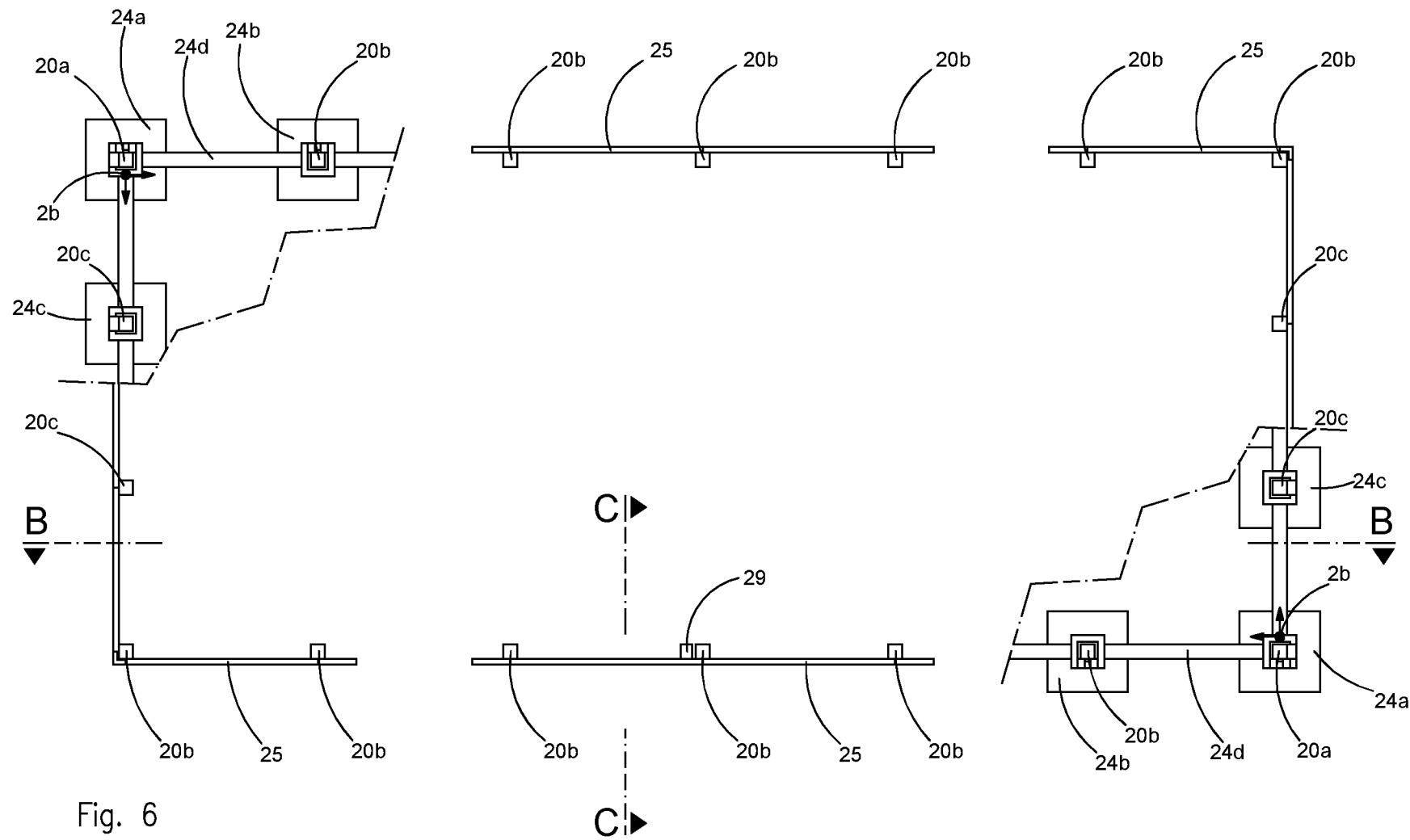


Fig. 6

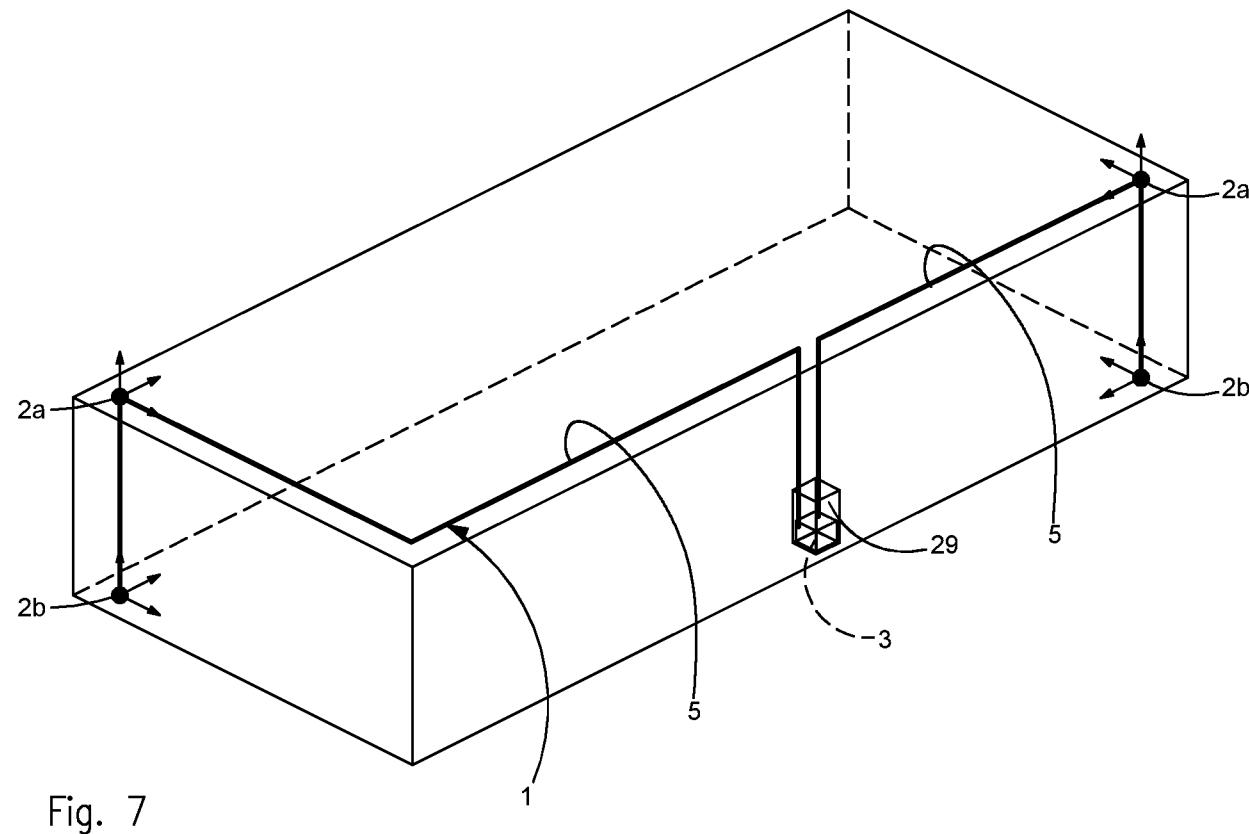


Fig. 7

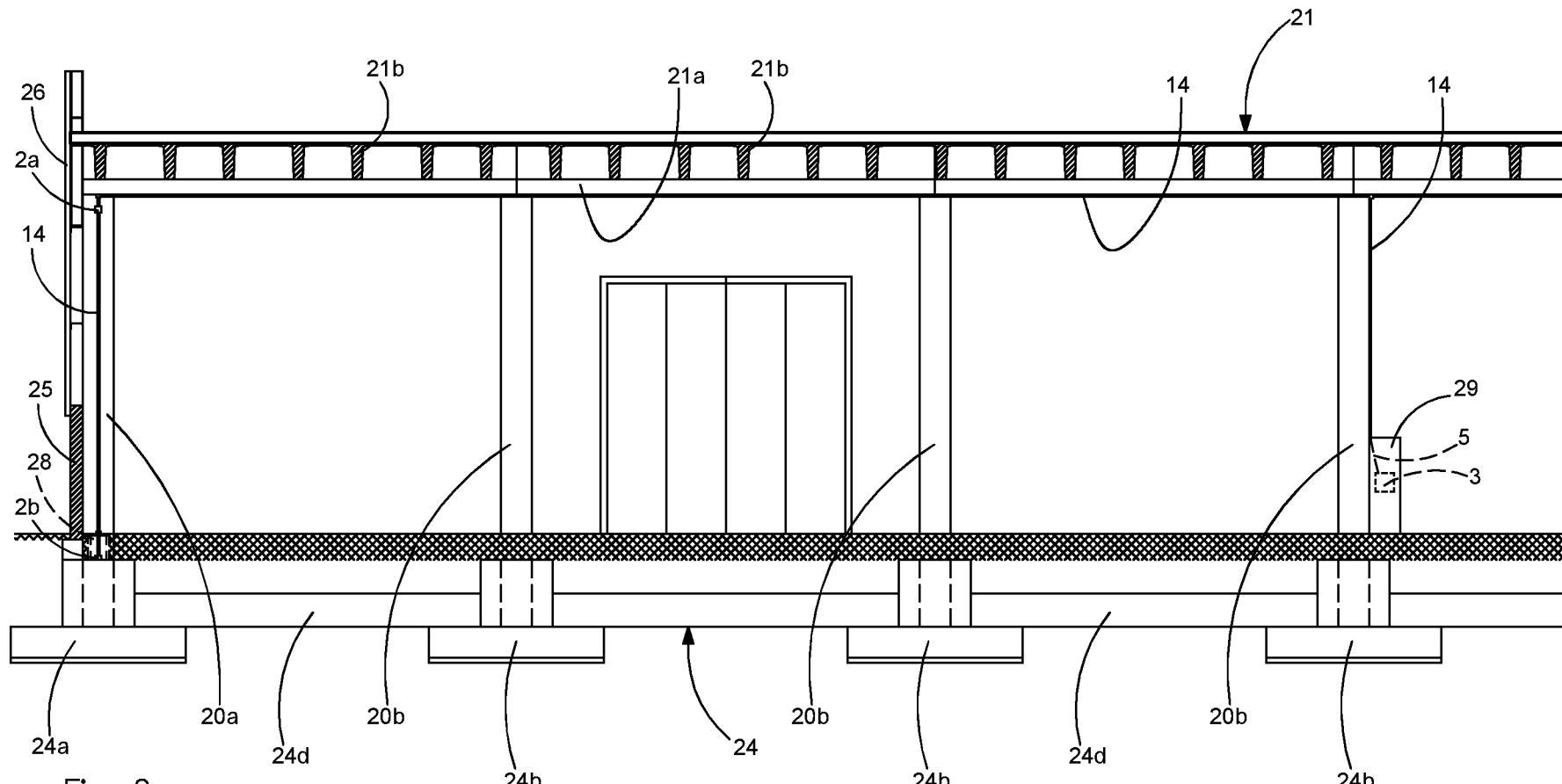
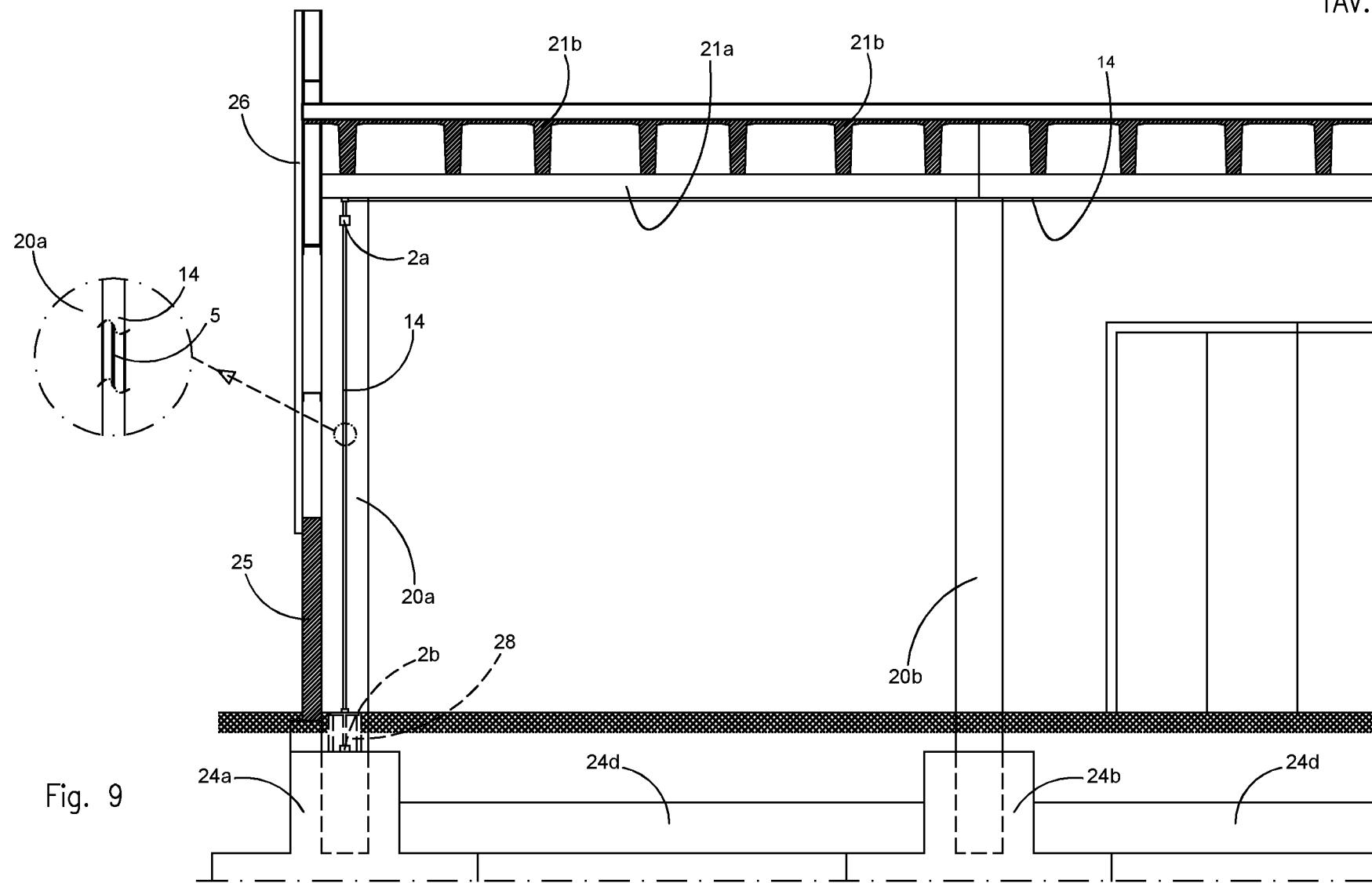


Fig. 8



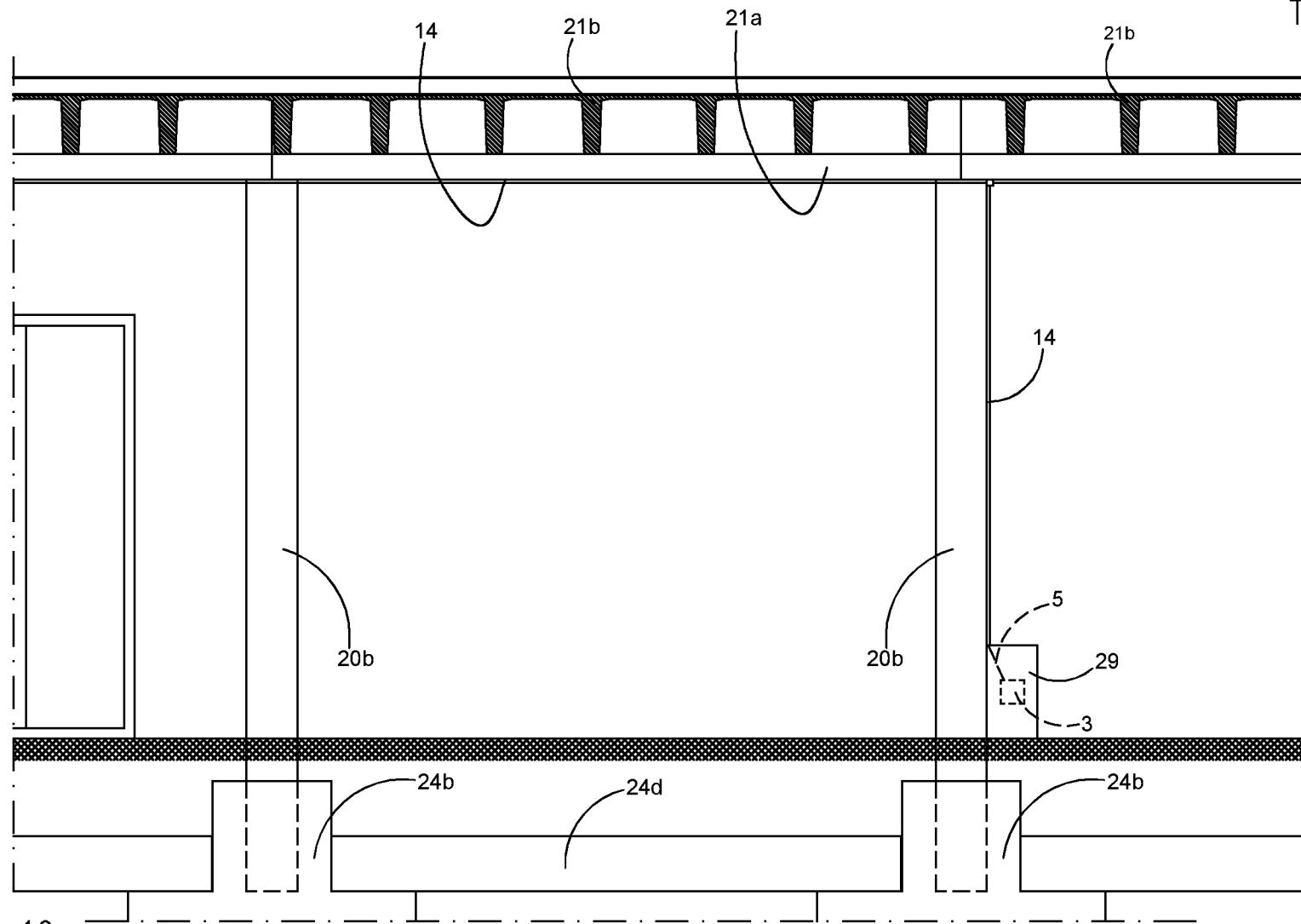
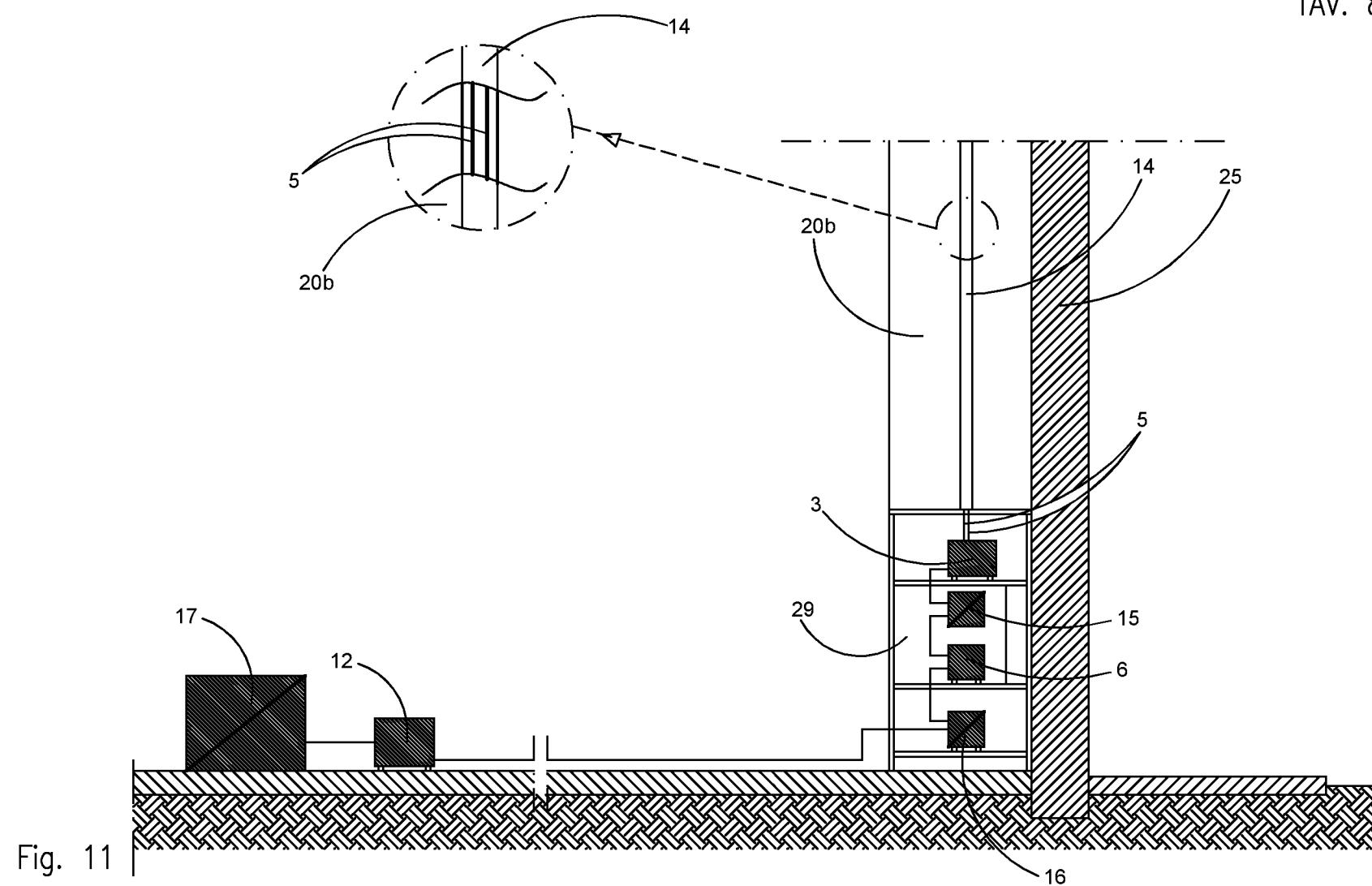


Fig. 10



TAV. 9

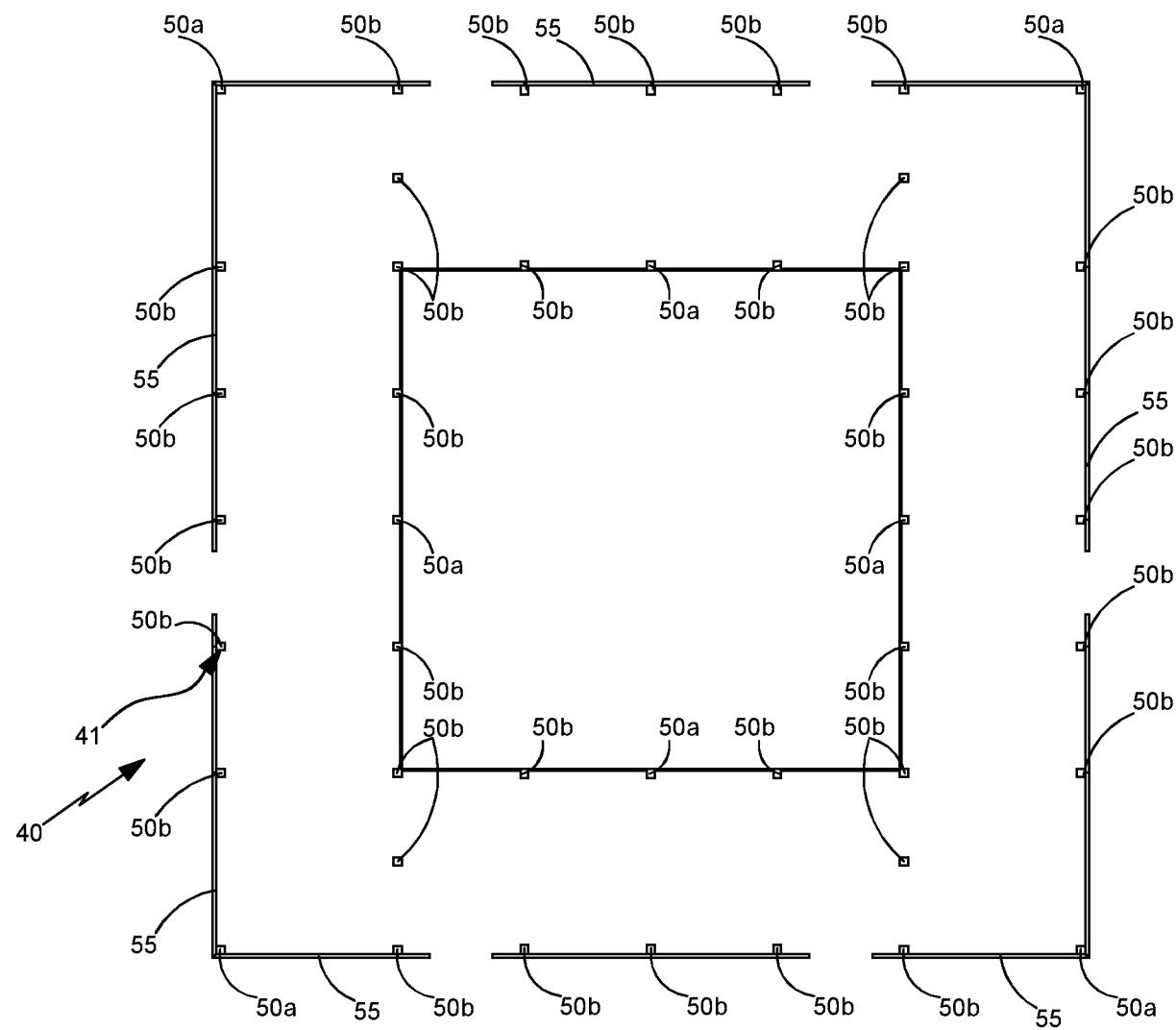


Fig. 12

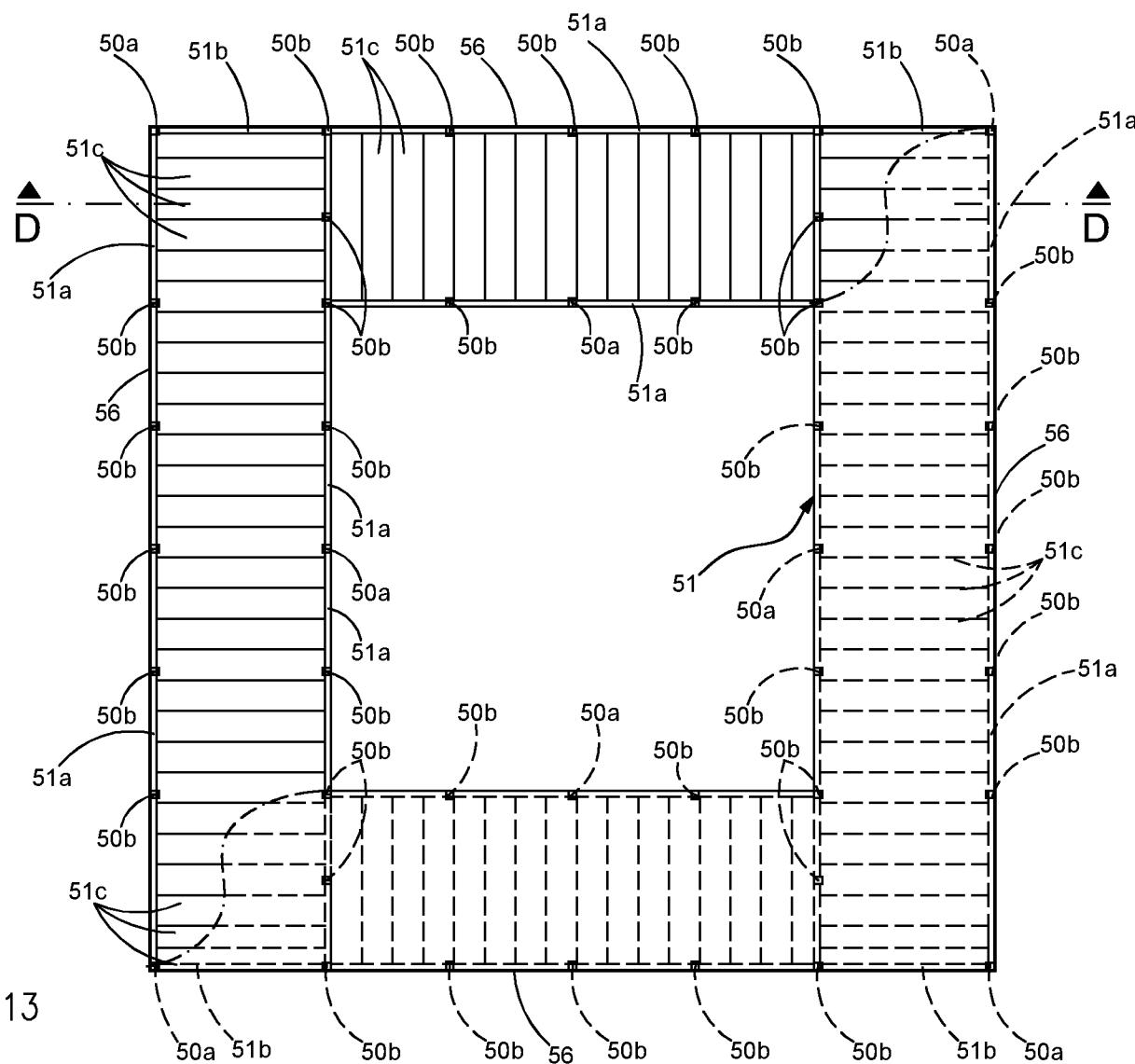
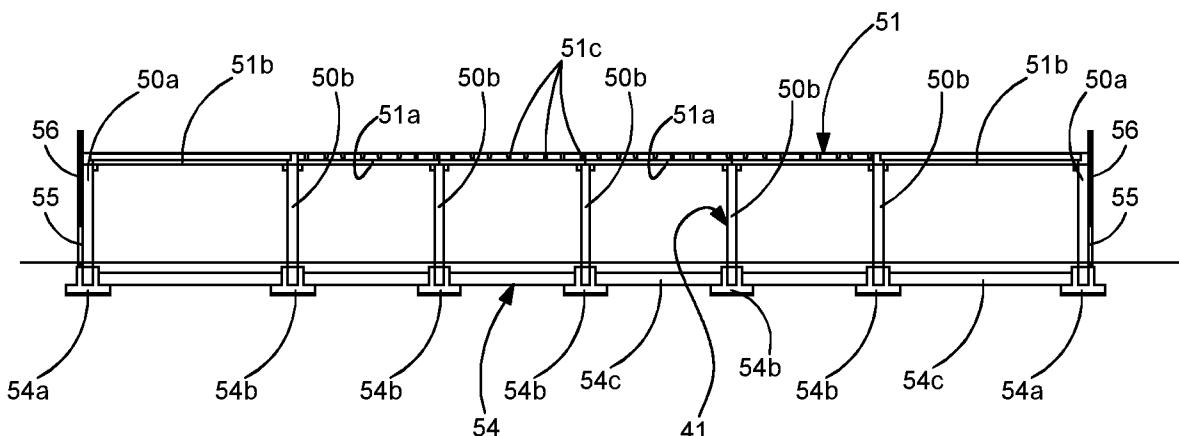
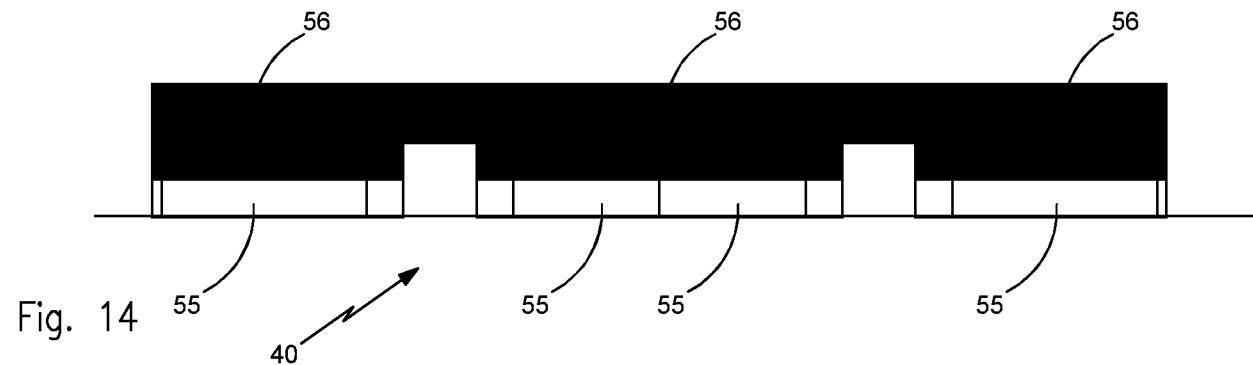


Fig. 13



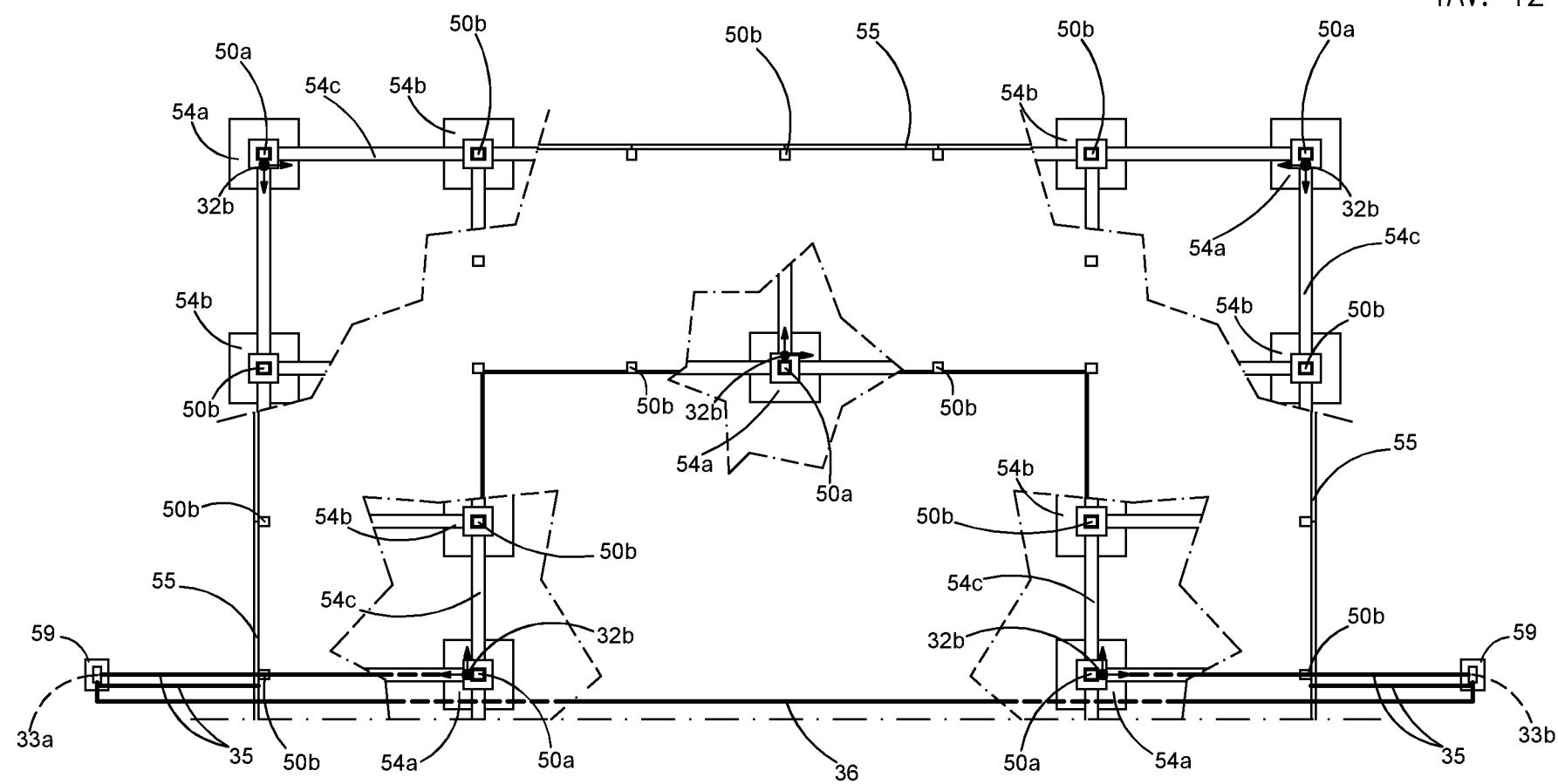


Fig. 16

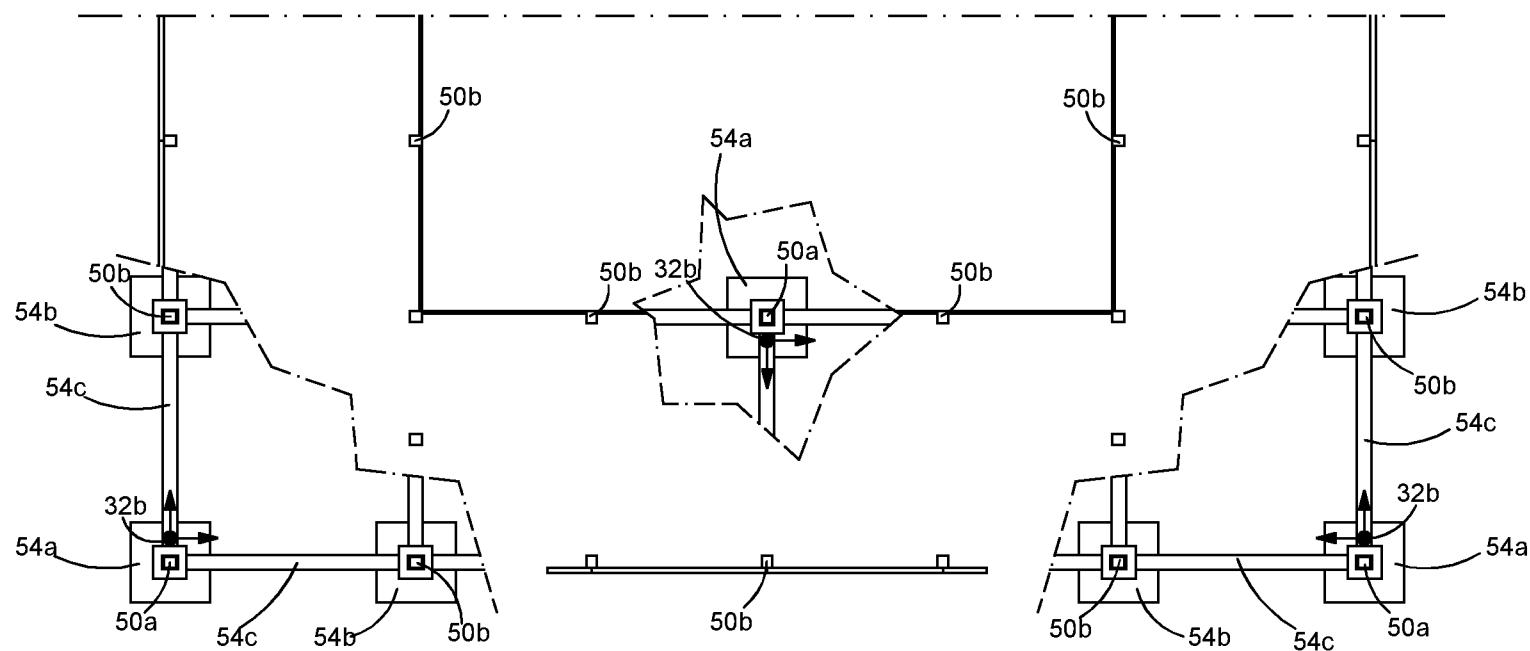


Fig. 17

TAV. 14

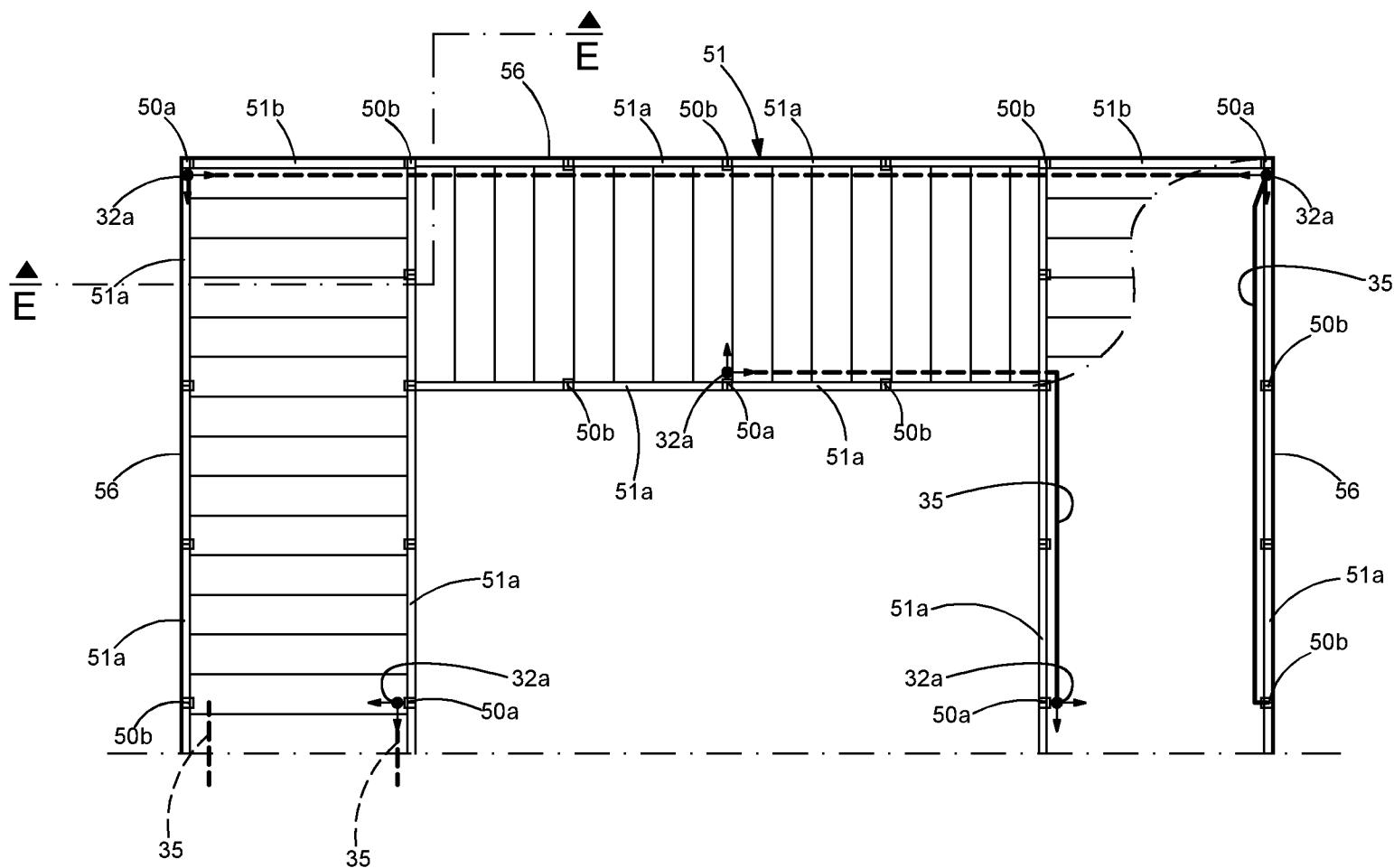


Fig. 18

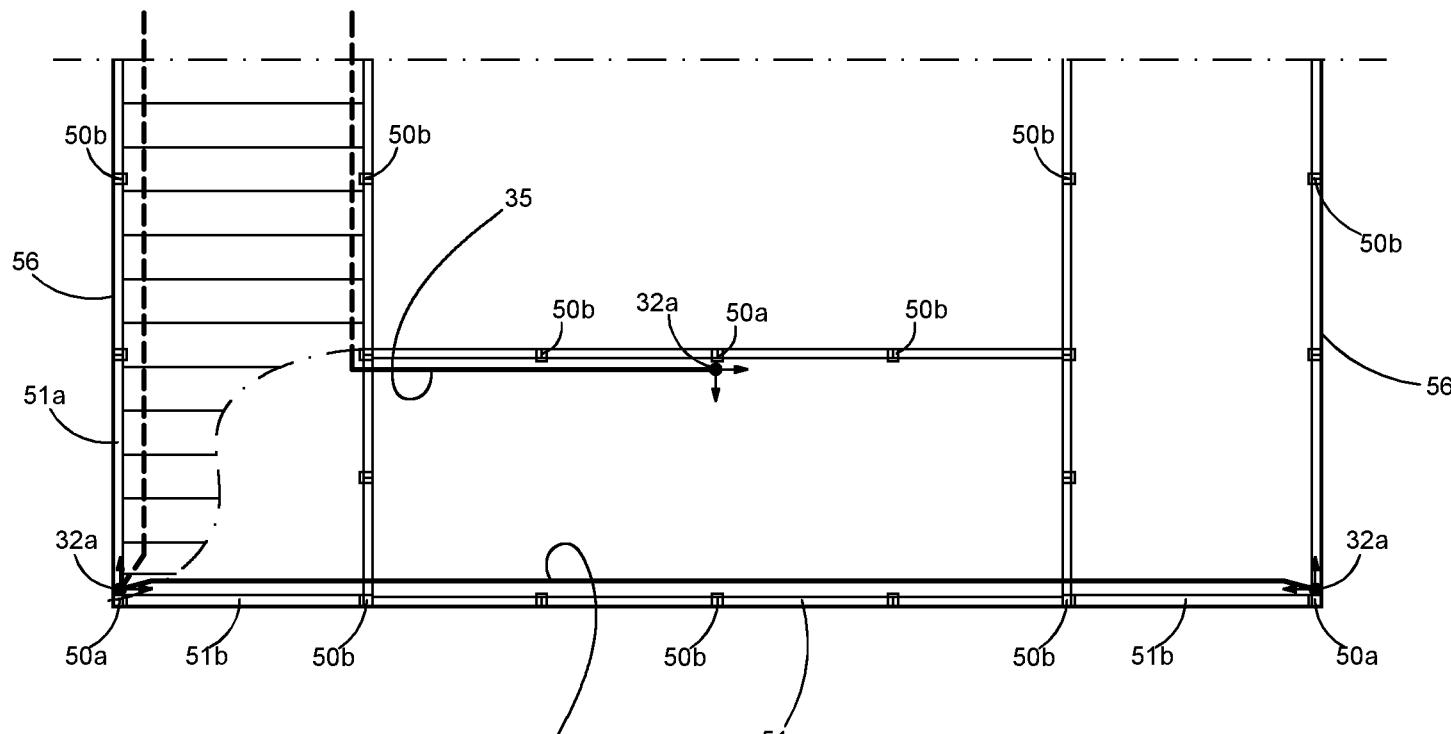


Fig. 19

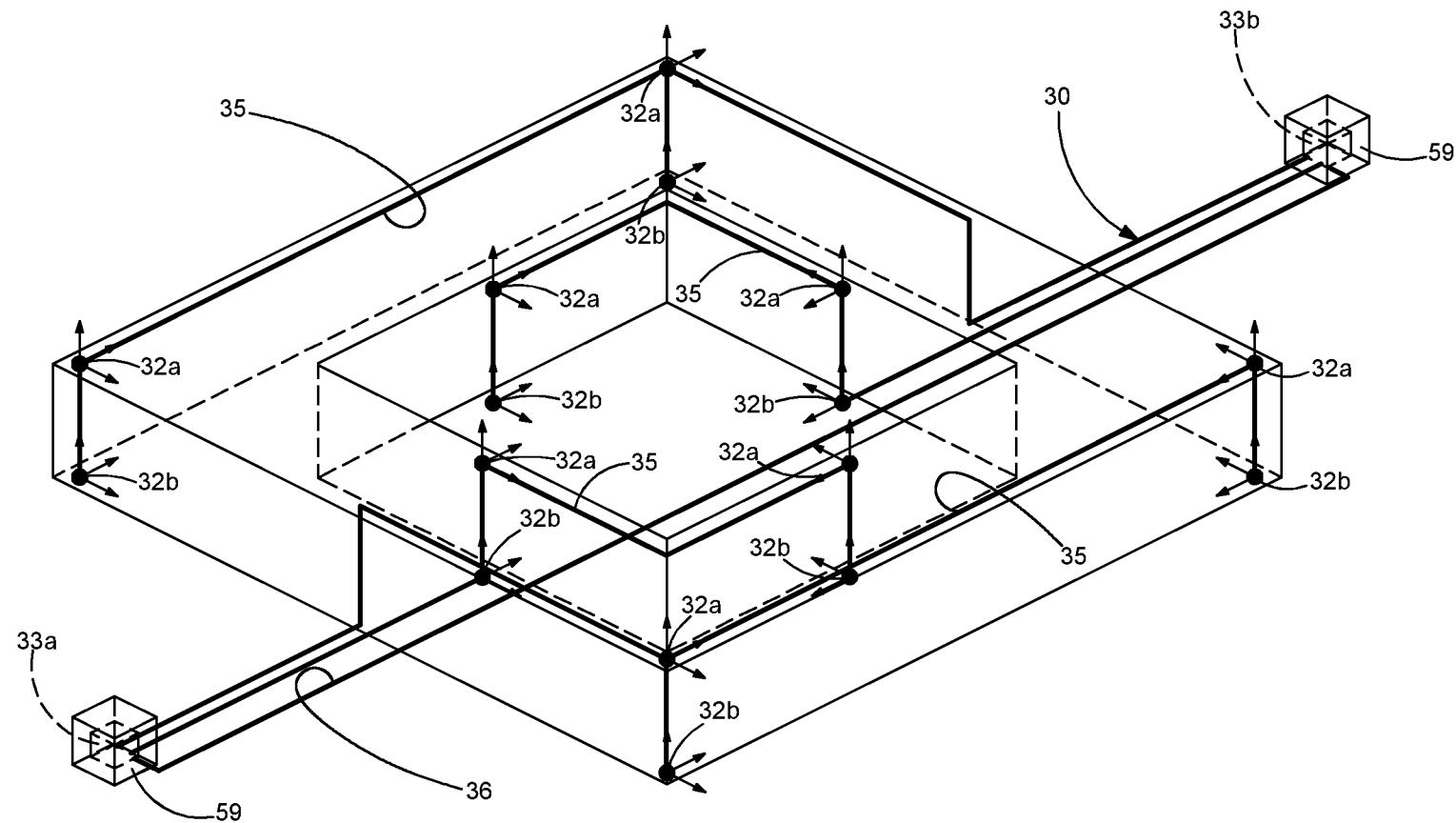
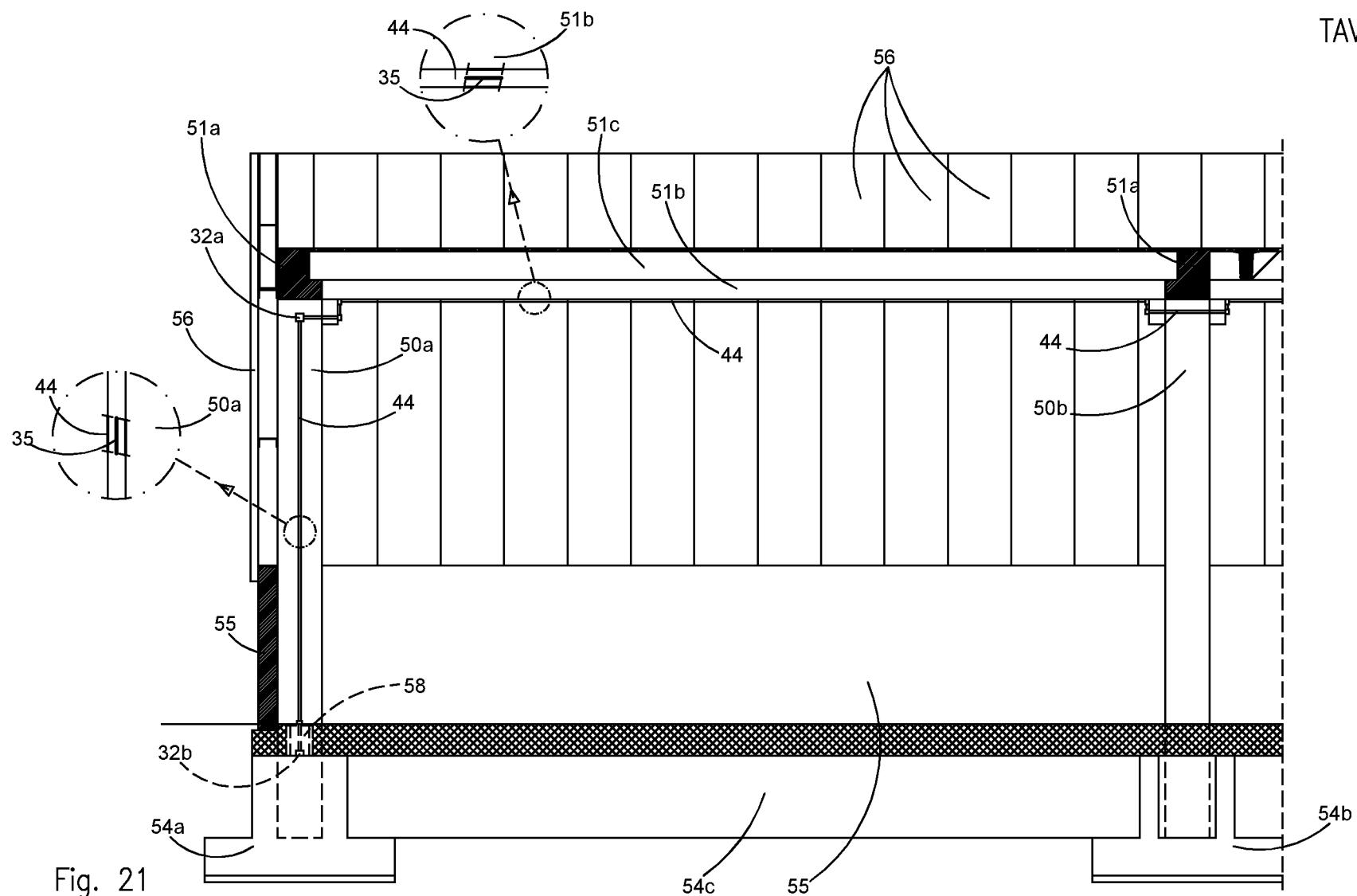


Fig. 20



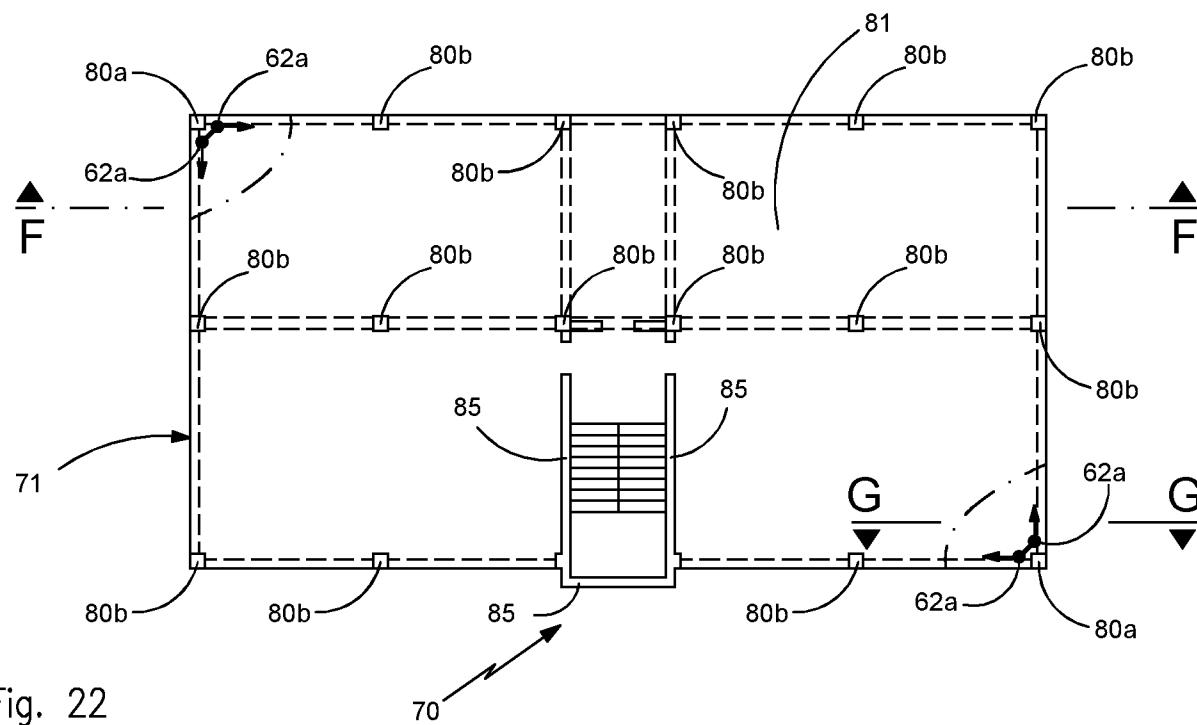


Fig. 22

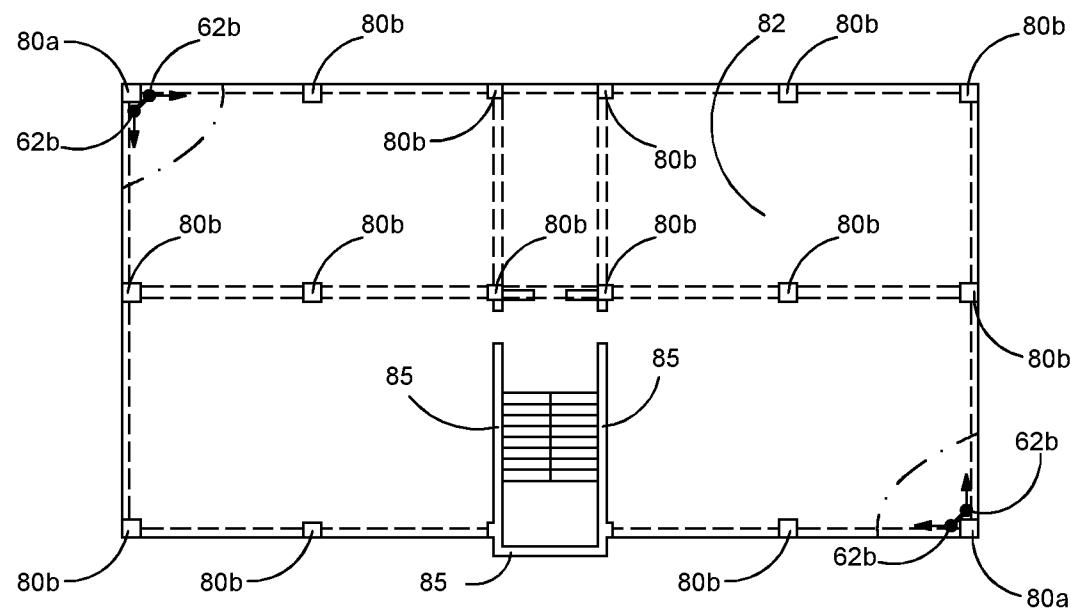


Fig. 23

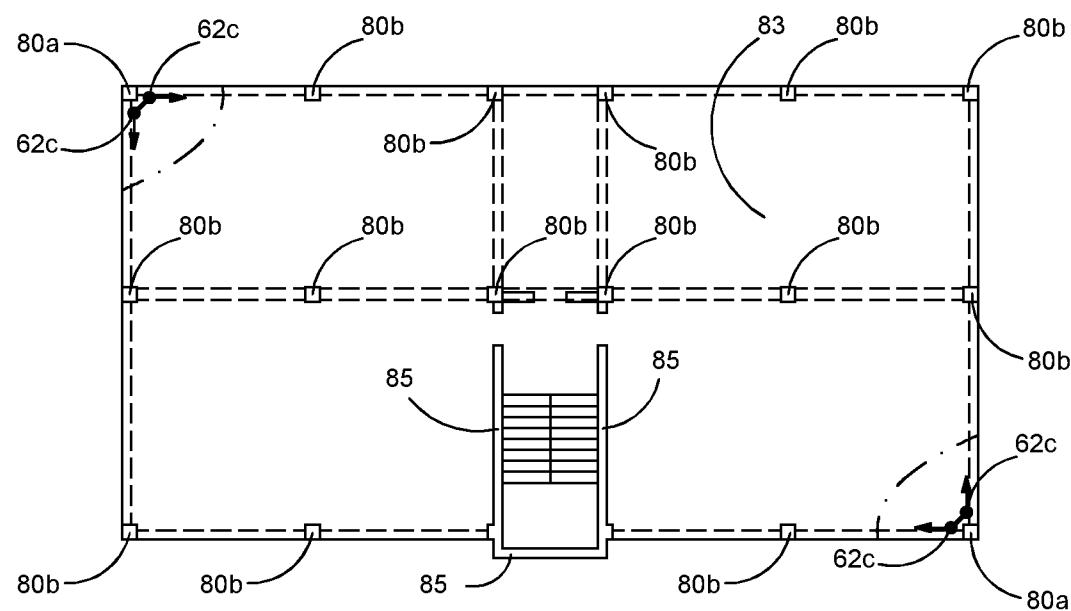
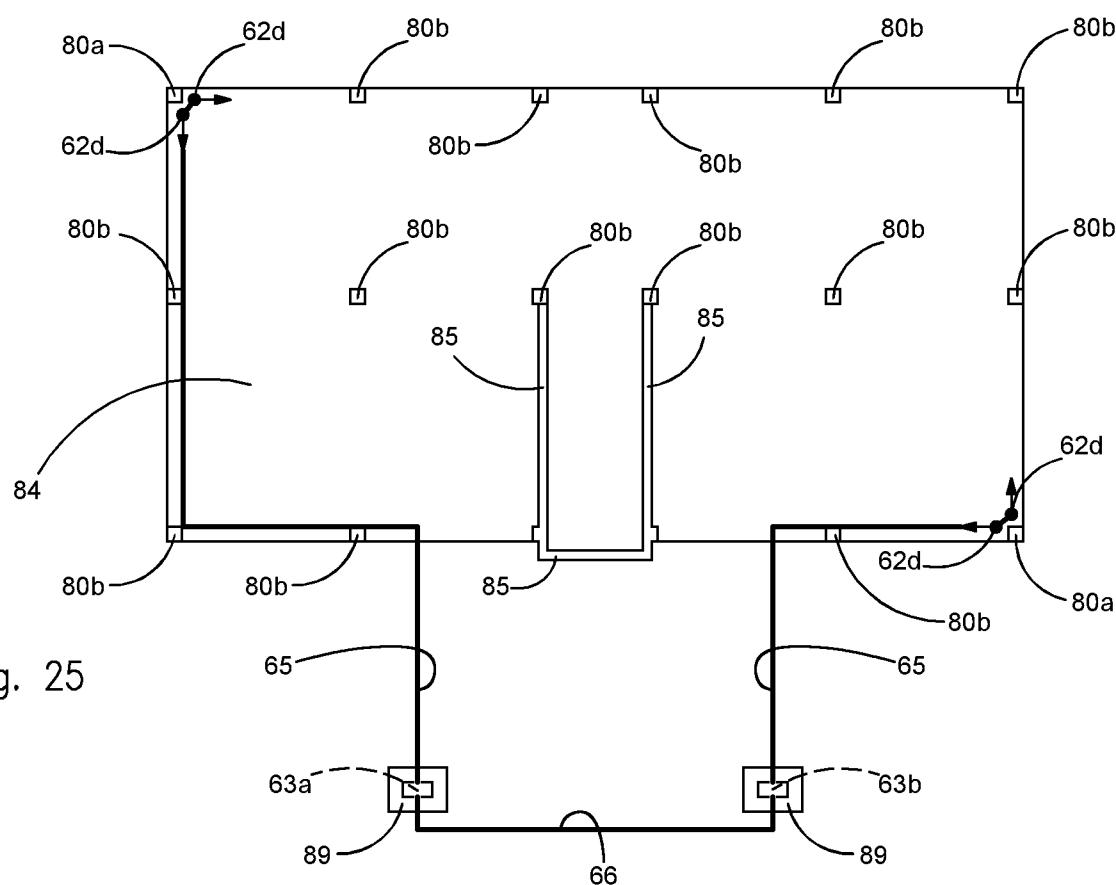
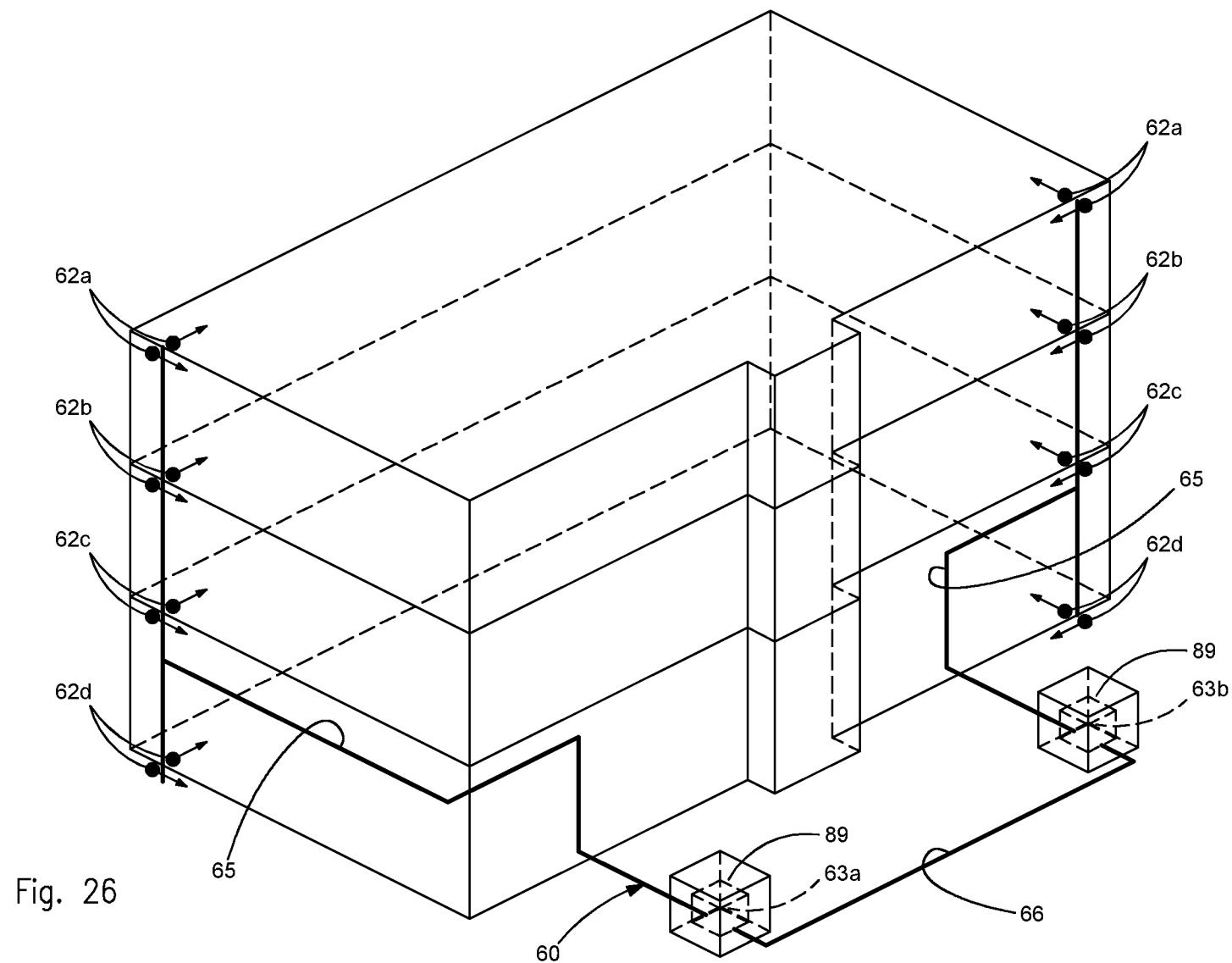


Fig. 24





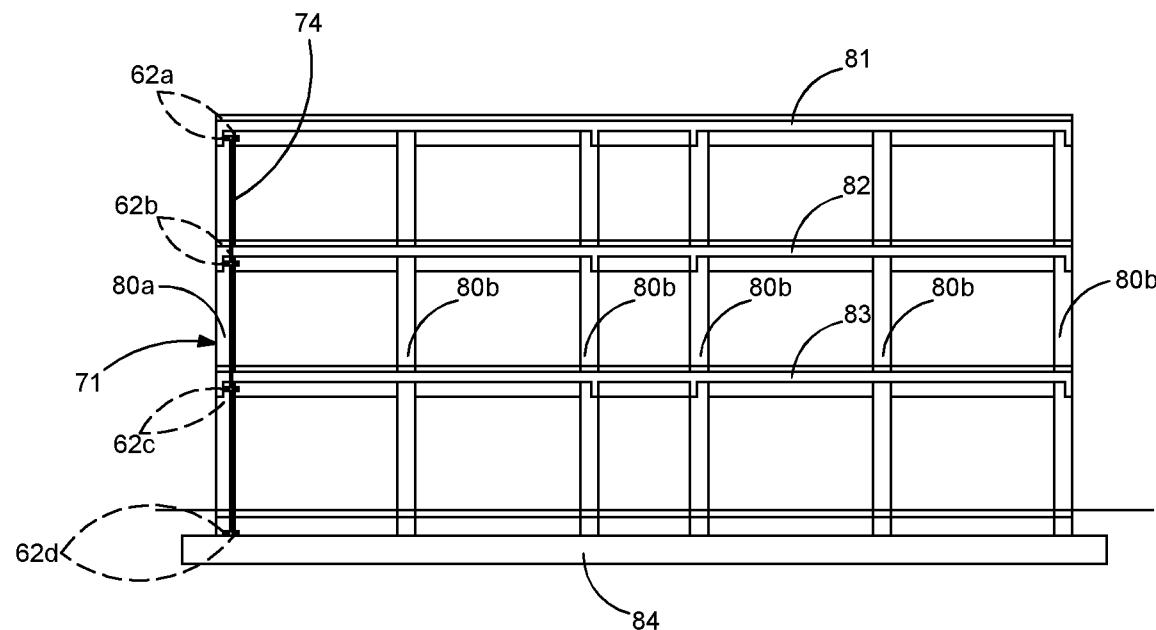


Fig. 27

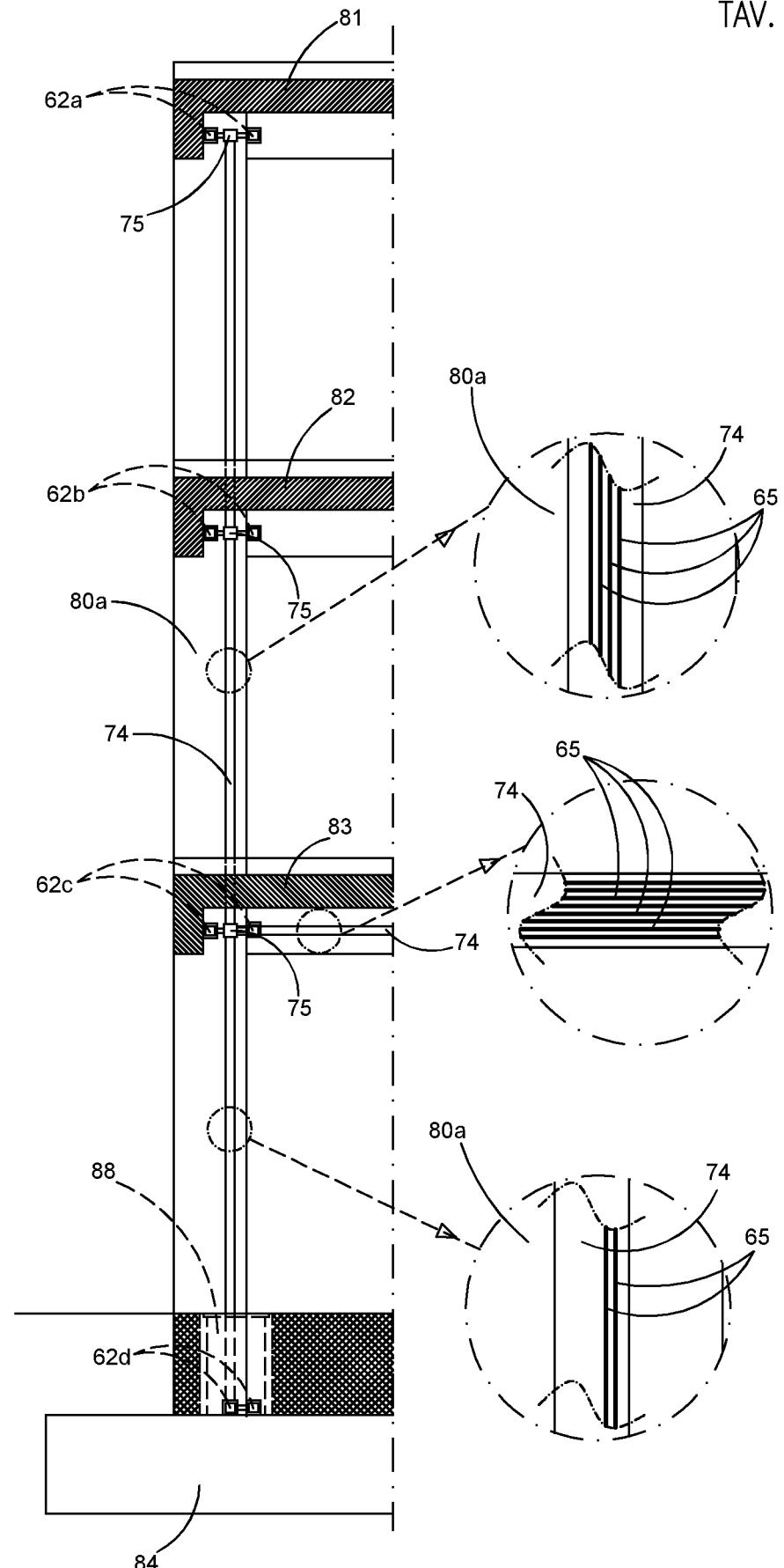


Fig. 28