

demolizioni & riciclaggio

# recycling

ANNO 8 - N.2 - MARZO 2004



**CESARO MAC.IMPORT**

MACCHINE E IMPIANTI SPECIALI PER L'AMBIENTE

normative - leggi e mercato / tecnologie e prodotti  
cantieri ed ambiente / novità e notizie

**Il compostaggio in Italia  
Demolizione a Torino**

ISSN 1593-2419

EDIZIONE I  
spedizione in a.p. • 45% • art. 2 comma 20/B legge 662/96 • filiale Bologna • Italy

In caso di mancata consegna, inviare a "CMP - Bologna" per la restituzione al mittente con tassa a suo carico

# 5200 cariche di esplosivo per demolire

Demolizione con esplosivo di un edificio residenziale sito in Torino. L'uso dell'esplosivo ha garantito rapidità di esecuzione e minor disagio per la popolazione. La demolizione ha richiesto il più gran numero di cariche mai utilizzato in Italia □ Ing. Massimo Viarengi<sup>o</sup> - Prof. Ing. Renato Mancini<sup>oo</sup>

**I**l giorno 28 Dicembre 2003 alle ore 14,00, di fronte a migliaia di curiosi, giornalisti e televisioni, veniva girata la leva dell'esplositore che ha dato corrente al complesso meccanismo realizzato per il collasso di un palazzo, unico per tipologia strutturale, la cui demolizione ha richiesto il più gran numero di cariche mai utilizzato in Italia: oltre 5200.

Il progetto di demolizione, voluto dalla Città di Torino, è stato redatto dagli ingegneri dell'A.T.I. Enviars - Sicurtec con la consulenza del Politecnico di Torino; l'esecuzione dei lavori è stata affidata all'A.T.I. Esplorem di Modena e Radis Arnaldo di Rivalta (TO).

L'edificio demolito era una struttura a pianta rettangolare, con 10 piani fuori terra, avente un'altezza di 36 m, costituito da 80 alloggi e 4 corpi scale-ascensori per una cubatura complessiva di 22.000 m<sup>3</sup> circa e un peso di 8700 t.

La demolizione si è inserita nel progetto di riqualificazione urbana della Città di Torino (ad oggi in corso), la cui pianificazione richiedeva un intervento in tempi stretti e, ovviamente, con costi minimi.

L'uso dell'esplosivo si è dimostrato un'arma vincente, soprattutto nei confronti di strutture di elevata altezza come l'edificio in esame.

In questo caso l'uso dell'esplosivo offriva il vantaggio della rapidità di esecuzione con il conseguente minor disagio per la popolazione e una maggior sicurezza per gli addetti ai lavori.



Di seguito viene presentato il progetto della demolizione in esame, costituito da una successione temporale di operazioni atte al raggiungimento degli obiettivi prefissati nel modo qualitativamente migliore ed efficace.

## Analisi del contesto e della struttura

Il contesto urbano nel quale era inserito l'edificio è stato attentamente analizzato in modo da individuare la presenza di tutte le costruzioni fuori terra presenti e di quelle sotto terra (ad esempio, serbatoi, sottoservizi, ecc.) che potevano venire danneggiate durante l'intervento di demolizione. All'analisi del contesto è seguito un atten-



to studio delle caratteristiche dimensionali e dei sistemi costruttivi utilizzati nell'edificio da demolire, alla luce del fatto che non è stato possibile reperire nessun progetto costruttivo ad esclusione dei dettagli esecutivi delle armature del piano interrato.

Per la ricostruzione delle condizioni statiche dell'edificio, indispensabili per il dimensionamento della demolizione con esplosivo, si è dovuto procedere per via indiretta con uno studio statico condotto a partire dalla bibliografia esistente su casi costruttivi analoghi, opportunamente integrata da una complessa campagna di indagini in sito.

Le indagini si sono articolate in più fasi, di cui la principale è stata realizzata utilizzando il georadar che ha permesso di radiografare completamente le strutture portanti (dimensioni e disposizione delle armature). Tale indagine è stata poi verificata mediante alcuni

scassi mirati. L'interpretazione dei dati analitici desunti dalle indagini ha evidenziato uno scheletro statico costituito da una struttura a setti portanti e solette in calcestruzzo armato prefabbricato dello spessore di 15 cm, realizzati con il sistema di prefabbricazione pesante "Tracoba".

Questa tecnica costruttiva è caratterizzata dalla

prefabbricazione totale degli elementi strutturali, escluse le fondazioni che sono gettate in opera; all'interno di questi elementi viene incorporato il massimo degli elementi secondari come serramenti, impianto elettrico, impianto idrico, impianto di riscaldamento.



## Descrizione della tecnica di demolizione

Nella scelta della tecnica di demolizione con esplosivo è stata posta particolare attenzione per preservare sia gli edifici circostanti, sia i numerosi sottoservizi (tubazioni del gas, acqua e fognatura) che correvano a pochi metri dall'edificio.

La limitata larghezza dell'edificio rispetto alla sua altezza (rapporto di oltre 1:3), congiuntamente alla naturale dissimmetria della struttura indotta dalla presenza dei 4 corpi scale-ascensori, hanno fatto escludere la caduta per implosione che tra l'altro, per strutture a setti portanti anziché pilastri, avrebbe richiesto un numero ancora maggiore di cariche per riuscire correttamente. Il metodo scelto per la demolizione dell'edificio è stato quello per "caduta laterale o ribaltamento" in quanto questa tecnica è particolarmente efficace per costruzioni snelle, come nel caso in esame.

La tecnica consiste nel provocare la rotazione dell'edificio integro simultaneamente o quasi all'intaglio di base realizzato con



l'esplosivo, rispetto ad un'ideale cerniera materializzata nella parte risparmiata della sezione di base. Rispetto all'implosione, si ha una maggior sicurezza di effetto in quanto la maggior parte del lavoro non viene compiuto dalle cariche di esplosivo, che devono eliminare completamente per una certa altezza gli appoggi dell'edificio, in modo da produrre un cinematismo sufficiente a determinare sollecitazioni dinamiche all'impatto idonee a disgregare la struttura, ma dal peso stesso dell'edificio ed in particolare dalla sua energia potenziale. Nel cinematismo della caduta laterale l'energia potenziale dell'edificio si trasforma quasi totalmente in energia cinetica in modo da far subire all'edificio, nell'impatto con il suolo, sollecitazioni dinamiche che lo disintegrano completamente.

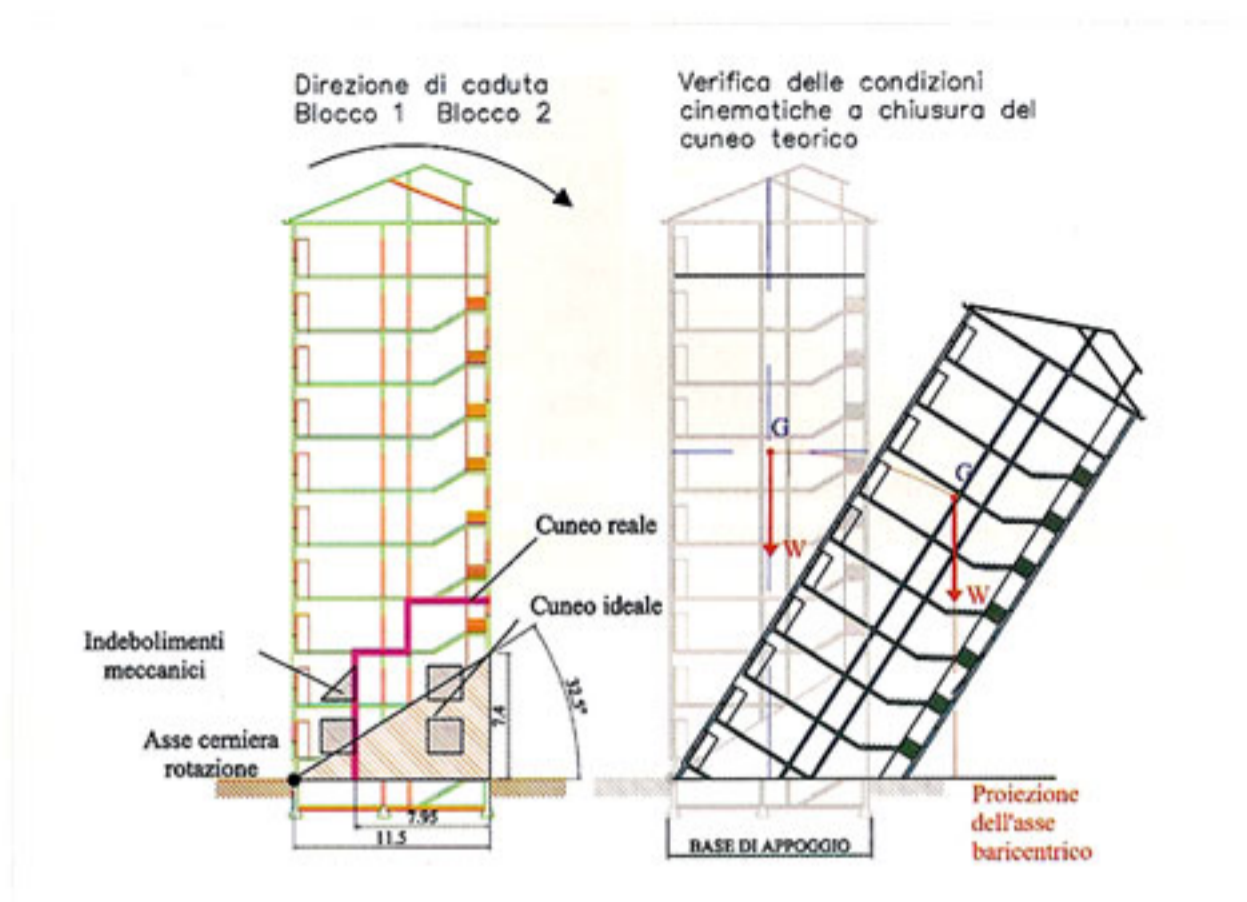


Figura 1A - Schematizzazione di caduta dei blocchi 1 e 2

## Scelta della tecnica e della direzione di caduta

Sono state adottate soluzioni operative per ridurre i valori di vibrazione generati dal crollo e per evitare l'impatto delle macerie stesse dell'edificio sulla sede stradale della vicina via F.lli Garrone. La soluzione più significativa è consistita nel creare meccanicamente un secondo giunto nell'edificio oltre a quello di dilatazione già esistente, mediante un taglio realizzato con filo diamantato. Con questa soluzione, schematizzata nelle Figure 1A e 1B, l'intera struttura risultava sezionata in tre parti distinte

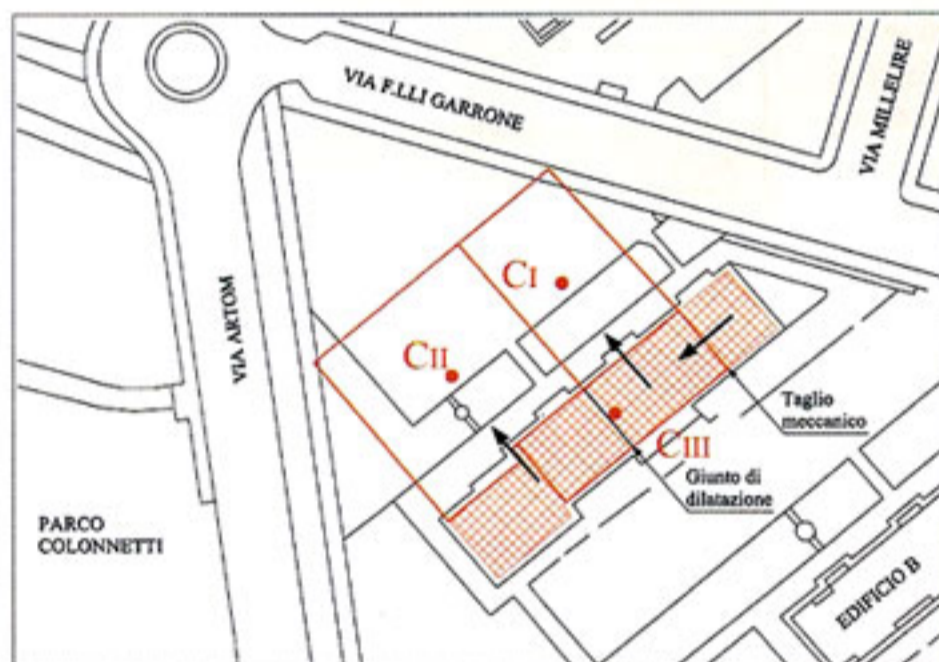


Figura 1B - Direzione di caduta dei blocchi 1-3

denominate Blocchi 1-3, con cinematismi nella caduta che sono stati resi indipendenti gli uni dagli altri.

Per garantire la riuscita del crollo, in ciascun blocco sono stati minati il piano rialzato, il primo piano ed i corpi ascensore del secondo piano (vista la rigidità elevata di questi elementi).

La struttura in questo modo è stata suddivisa (in funzione dell'ordine di caduta) in tre parti:

- Blocco laterale 1: del peso approssimativo di 4350 t e direzionato nella caduta perpendicolarmente all'asse longitudinale dell'edificio;
- Blocco centrale 2: del peso approssimativo di 2900 t e direzionato nella caduta perpendicolarmente all'asse longitudinale dell'edificio;



• Blocco laterale 3: del peso approssimativo di 1450 t e direzionato nella caduta parallelamente all'asse longitudinale dell'edificio. Questa soluzione ha presentato indubbiamente numerosi vantaggi in quanto il crollo delle diverse parti della struttura ha potuto essere temporizzato in modo che nella caduta il Blocco 3 andasse ad impattare sulle macerie generate dai Blocchi 1 e 2 con conseguente riduzione dei disturbi indotti nel terreno sottostante e nello stesso tempo è stato possibile preservare l'asse stradale di via F.lli Garrone evitando che si trovasse nell'area di caduta.

## Dimensionamento della carica e schema di tiro

Per il dimensionamento della carica di esplosivo, e di conseguenza del numero di

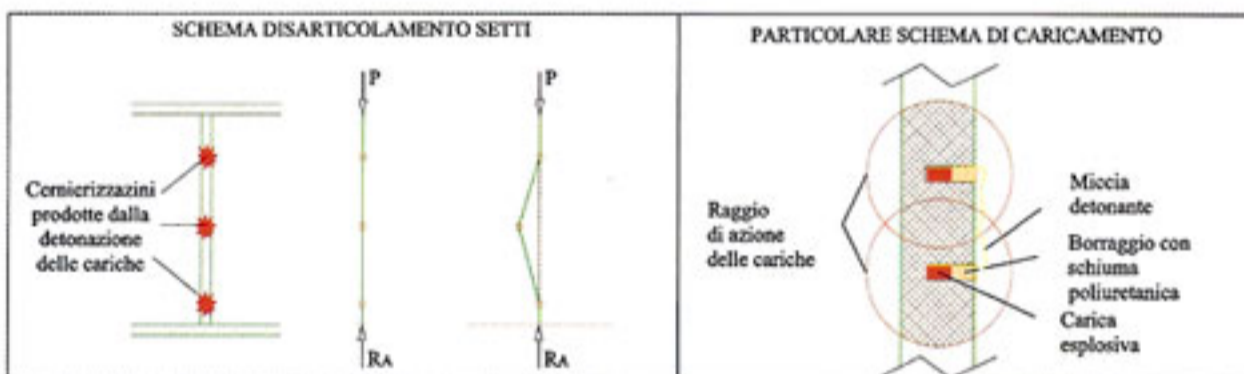


Figura 2 - Schema di calcolo per la disarticolazione dei setti portanti

perforazioni da realizzare, è stata eseguita una suddivisione dei setti e delle altre strutture portanti in elementi omogenei da rimuovere con lo stesso quantitativo di carica e con gli stessi schemi di tiro. Il compito dell'esplosivo era quello di disgregare delle fasce continue nei setti portanti dei piani minati, evitando però la produzione di crateri separati in corrispon-

denza delle cariche; per questo motivo, la spaziatura dei fori fissata in 20 cm non ha ecceduto di molto lo spessore dei setti pari a 15 cm.

Nel calcolo ogni setto è stato assimilato ad un muro incastrato alle estremità. Per ottenere il sicuro cedimento (disarticolamento) di ogni setto sotto l'azione della forza peso dei piani sovrastanti, è stato quindi previsto di realizzare con l'esplosivo tre cernierizzazioni (staticamente erano sufficienti due cerniere): la prima alla base del setto, la seconda a metà dell'altezza e la terza alla sua estremità superiore secondo lo schema di Figura 2.

L'altezza di ogni setto da disgregare è stata scelta in modo da assicurare che i ferri denudati dall'esplosione delle cari-

di 20 cm ossia 40 cm. Con questo schema, ad ogni foro competevano 0,006 m<sup>3</sup> di materiale da frantumare e, considerando



Figura 3 - Particolare degli indebolimenti strutturali realizzati con disco diamantato

l'elevato consumo specifico di 5 kg/m<sup>3</sup>, simile a quello utilizzato per il dimensionamento delle cariche appoggiate (in quanto il limitato spessore dei setti non consentiva un efficace intasamento), si è scelto di inserire in ciascun foro un quartino di cartuccia di gelatina dinamite  $\phi$  25 x 200 mm. In questo modo però, in fase di progettazione si evidenziò il gran numero di perforazioni necessarie per ottenere l'effetto voluto, ma allo stesso tempo non erano applicabili a costi sostenibili altri schemi di tiro che prevedevano la perforazione in ogni setto "per lungo" in direzione dell'asse.

Per ridurre il numero di perforazioni è stata quindi realizzata un'ampia opera di indebolimento nei piani minati creando con disco diamantato delle finestre di 2 m quadrate o triangolari (per un totale di oltre 700 metri lineari di taglio) in questo modo è stato possibile trasformare la struttura a setti portanti in una struttura a pilastri (Figura 3).



Le dimensioni minime dei pilastri puntone lasciati in posto dopo i tagli sono state verificate mediante un'analisi delle sollecitazioni gravanti sulle parti residue in c.a., supponendo il carico uniformemente distribuito sulla sezione resistente.

In totale sono stati utilizzati 205,1 kg di esplosivo disposti in 5256 fori così suddivisi:

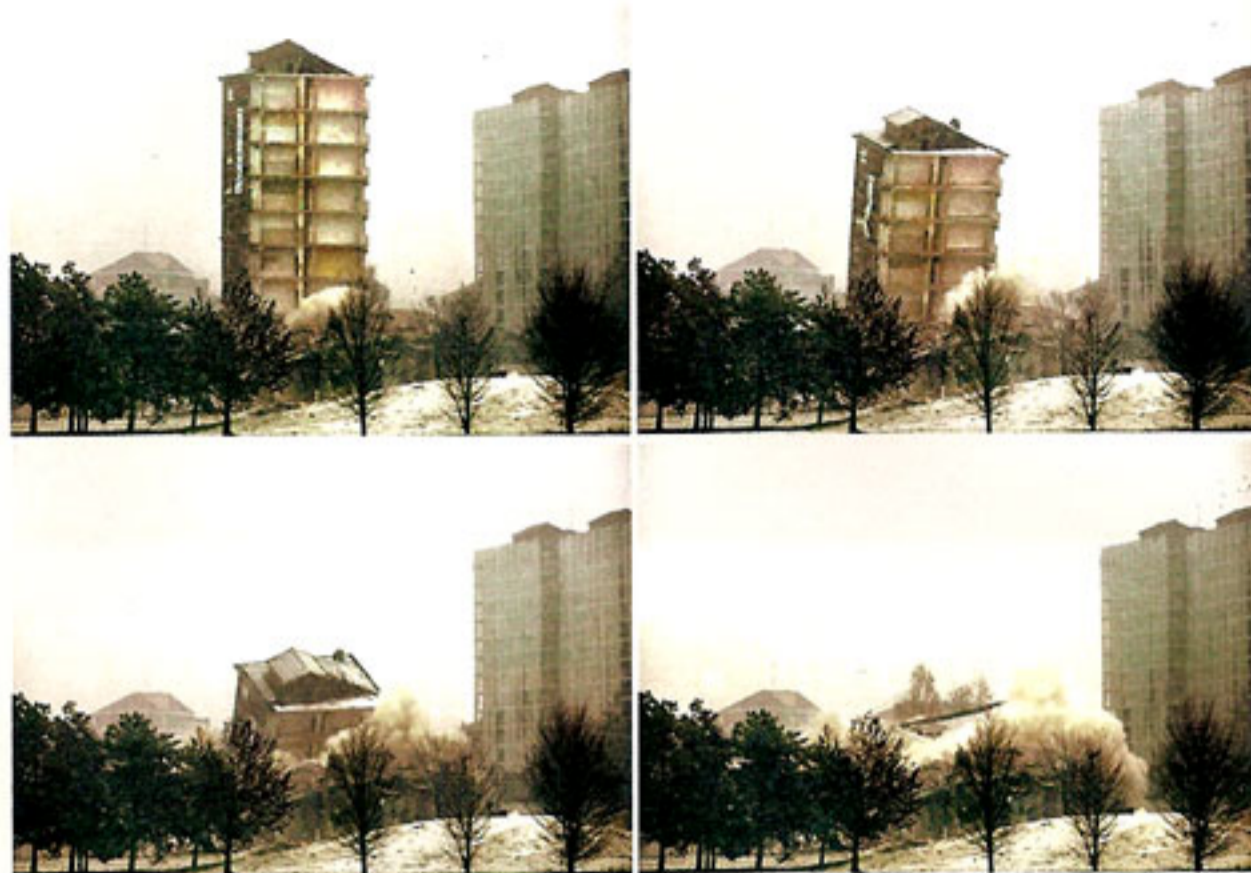
- 3068 fori e 108,8 kg per la demolizione del Blocco 1;
- 1688 fori e 60,1 kg per la demolizione del Blocco 2;
- 500 fori e 36,2 kg per la demolizione del Blocco 3.

## Descrizione del circuito di tiro

Considerato il numero molto grande di cariche non era pensabile un sistema di brillamento puramente elettrico (un detonatore per carica), sia per il costo che per la difficoltà di realizzazione e controllo dei circuiti nonché per il reperimento di un esploditore di sufficiente capacità; è stato quindi previsto un sistema misto elettrico + detonico (miccia detonante).

Da ogni punto di innesco la detonazione era trasmessa con sistema a miccia detonante a tutte le cariche presenti in ciascun elemento minato, in questo modo ciascun elemento strutturale è esploso praticamente senza ritardo, essendo le singole cariche alloggiare nei fori connesse con la miccia detonante.

In totale sono stati utilizzati più di 1500 m di miccia detonante da 8 grammi al metro collegati con 50 detonatori elettrici micro-



ritardati suddivisi in 9 ritardi.

Le operazioni di caricamento e collegamento dei circuiti, effettuate dal team della



Figura 4 - Caricamento dell'esplosivo nei fori da mina

Ditta Esplodem (Figura 4), hanno occupato a tempo pieno 10 fochini per tre giorni, durante i quali si è lavorato senza sosta sotto la protezione delle autorità di pubblica sicurezza che hanno vigilato costantemente il cantiere e le aree adiacenti allo stesso.

## Riduzione degli impatti

La progettazione del piano di tiro ha tenuto ovviamente conto di tutti i disturbi am-

bientali che un intervento di demolizione avrebbe potuto generare: sollecitazioni dinamiche (vibrazioni e sovrappressioni), proiezioni di detriti, rumore e polveri. Ogni impatto è stato attentamente analizzato e studiato utilizzando formule empiriche di previsione dei livelli prodotti in modo da dimensionare correttamente l'intervento di demolizione e prendere le dovute misure di tutela durante l'intervento.

Per il giorno del crollo l'attenzione si è rivolta alla salvaguardia e tutela dei cittadini residenti ed alla protezione delle strutture immobiliari limitrofe.

Le strutture che potevano, secondo il calcolo balistico, essere interessate dalla proiezione di frammenti in conseguenza della esplosione delle cariche e della caduta dell'edificio, sono state protette da una doppia sequenza di reti, appese al palazzo stesso (smorzamento della traiettoria delle proiezioni a seguito dell'esplosione) ed ad apposite strutture poste in corrispondenza dei palazzi in linea con la caduta (smorzamento della traiettoria delle proiezioni di rimbalzo a seguito del ribaltamento).

A barriera contro la generazione e la trasmissione delle vibrazioni conseguenti alla caduta, sono stati previsti cumuli di terreno di smorzamento e trincee di interruzione. Il rumore è stato contenuto limitando la quantità di carica contemporaneamente detonante.

Per le polveri è stata provvidenziale la





nevicata al momento nel giorno dell'abbattimento; in ogni caso era stato previsto l'intervento dei Vigili del Fuoco per irro-

chiusura del cuneo, in ogni blocco si ha la graduale combinazione di un movimento verticale e di una rotazione.



Quando il progressivo collasso ristabilisce il contatto tra i due lembi del cuneo (istante in cui avviene la chiusura del cuneo), i movimenti di caduta verticale e rotazione decelerano; a questo punto, se vengono rispettate le condizioni cinematiche del crollo, ciascun blocco riprende la rotazione sotto l'azione del momento rispetto

rare le macerie con acqua.

Durante le sottofasi di collegamento e di brillamento delle cariche, sono state individuate due misure di protezione collettiva, rivolte sia agli addetti che ai residenti: la prima è stata l'evacuazione totale dei residenti all'interno di una area di sicurezza; la seconda è stata l'istituzione di un'unità di crisi alla quale sono state demandate tutte le attività di coordinamento e gestione dell'evacuazione.

## Analisi cinematica del crollo

Come si può vedere dalla documentazione fotografica allegata, l'evoluzione del crollo ha seguito perfettamente il modello cinematico e ha interessato le aree di caduta previste nel progetto.

Durante il brillamento delle cariche la parte superiore di ciascun blocco ruota seguendo l'ordine impartito dalla temporizzazione delle detonazioni; per effetto della

all'appoggio della propria forza peso, terminando a terra il moto.

## Gestione delle macerie

Il volume delle macerie dell'edificio a terra è stato circa 3500 m<sup>3</sup> fuori terra più circa 400 m<sup>3</sup> per il piano interrato.

L'edificio a terra è stato frantumato dagli escavatori della Impresa Radis Arnaldo specializzata in demolizioni meccaniche e movimento terra.

Le macerie hanno subito una prima comminazione e selezione in cantiere, sono state ripulite dai ferri e dai rifiuti solidi assimilabili agli urbani (legno, plastica, polistirolo, ecc...).

Le macerie così trattate sono state conferite ad un

impianto di trattamento esterno dove sono state frantumate, vagliate e riutilizzate secondo le normative vigenti. La soluzione senza impianto mobile di frantumazione sul sito ha risolto i problemi dovuti al limitato spazio disponibile in cantiere ed in pieno ambiente antropizzato. Dopo tre mesi di lavori l'area occupata da un edificio simbolo della "brutta città" si presentava ripulita, spianata, livellata e pronta ad ospitare il nuovo edificio previsto dal programma di rinnovamento del quartiere della città di Torino.

## Conclusioni

L'esempio della demolizione dell'edificio di via Garrone 73 in Torino dimostra che un'attenta progettazione permette di ridurre in pochi secondi poderose strutture in un "cumulo composto di macerie" senza il minimo danno per gli edifici limitrofi anche se distanti pochi metri. Il successo di una demolizione con esplosivo dipende quindi essenzialmente dal livello di approfondimento del progetto stesso, anche se non vanno dimenticate le risorse umane che intervengono in un lavoro così delicato.

*Con l'occasione si ringraziano i tecnici delle Imprese Esplorem e Radis per la serietà e la professionalità nell'esecuzione dei lavori e la Città di Torino nelle persone dell'Assessore Tricarico promotore dei programmi di recupero urbano, dell'Ing. Boccardo (Responsabile del Procedimento) e dell'Ing. Rinaldo (Coordinatore delle Fasi Progettuali) che hanno creduto fin dall'inizio nella fattibilità di quest'intervento rendendolo possibile.*

°Enviars S.a.s  
°°Politecnico di Torino

