

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

FEDERICO II



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE (DICEA)

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL
TERRITORIO

**CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DI MATERIALI
DA SCARTO DI DEMOLIZIONE AI FINI DEL RICICLAGGIO
PER USI DI INGEGNERIA CIVILE**

Candidato:

FABIO ANSALONE

MATR. M67000002

Relatore:

PROF. ING. ALESSANDRO FLORA

Correlatori:

PROF. ING. DOMENICO CAPUTO

ING. BARBARA LIGUORI

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

L'utilizzo di aggregati riciclati in sostituzione degli inerti naturali rappresenta un'interessante e reale possibilità affinché anche il settore delle costruzioni contribuisca alla riduzione delle quantità di rifiuti smaltiti e di risorse non rinnovabili consumate. In Europa, la produzione annua di rifiuti provenienti da attività di costruzione e demolizione, può essere stimata in circa 850 milioni di tonnellate. L'Unione Europea ha intrapreso numerose azioni volte a sensibilizzare gli Stati Membri ad adottare strumenti e iniziative finalizzate ad attuare una corretta politica di gestione di tali rifiuti. La direttiva comunitaria, 2008/98/CE, promuove fortemente la politica di riciclo dei rifiuti. Un aspetto di rilievo introdotto dalla nuova direttiva è dato dalla fissazione di raggiungere entro il 2020, il 70% del riciclo dei rifiuti da Costruzione e Demolizione. Sebbene l'Italia parte da una percentuale di riciclo attuale di circa il 65%, molto può essere fatto anche per valorizzarne l'impiego. Anche il programma quadro Europeo per la ricerca (Horizon 2020) identifica il riciclaggio delle materie prime secondarie come una delle attività più importanti. L'Università Federico II coordina un Commitment formato da 35 partner di 7 nazioni e di cui fanno parte anche la Regione Campania e la Regione Veneto. Tale Commitment si occupa delle problematiche del riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione.

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di approfondire le conoscenze sui rifiuti da costruzione e demolizione ai fini di un loro riciclo. L'attività sperimentale è consistita nell'analisi dei campioni di materiale riciclato forniti dall'impianto IPS srl. Dopo aver ritrovato le curve granulometriche dei campioni prelevati dall'impianto, aver effettuato un'analisi mineralogica ai raggi X e aver analizzato il campione di fanghi trattati, si sono descritte le prove di taglio diretto e di compressione uniassiale effettuate per fare un confronto tra materiale naturale e materiale riciclato.

La descrizione dei risultati sperimentali è stata fatta precedere da una analisi relativa alla produzione, al riciclaggio, alla composizione e alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione e alla disciplina giuridica ad essi inerenti, nonché da una dettagliata descrizione del processo di trattamento tipico di un impianto basato sulla tecnologia ROSE (in particolare dell'impianto IPS srl) e delle possibili applicazioni degli aggregati riciclati ottenuti.

Il riciclaggio dei rifiuti edili comincia nel momento della demolizione, totale o parziale, di un manufatto edilizio. Più i rifiuti sono suddivisi in frazioni omogenee in cantiere, tanto più migliorano le caratteristiche degli aggregati riciclati ottenuti. Quindi se l'obiettivo è quello di favorire il riciclo dei materiali edili, allora si dovrebbero adottare pratiche di demolizione selettiva. Attualmente la maggior parte dei rifiuti conferiti agli impianti di trattamento risulta estremamente eterogenea, quindi per garantire l'elevata qualità delle materie prime secondarie ottenibili, è necessario ricorrere all'adozione di impianti con tecnologie sofisticate, che richiedono investimenti e costi di esercizio

elevati. Nel caso dei rifiuti provenienti da attività di demolizione selettiva, anche gli impianti mobili consentono di raggiungere buoni risultati in termini di qualità del prodotto ottenuto; ciò offre un vantaggio economico molto interessante, essendo gli impianti mobili molto più semplici degli impianti fissi. La demolizione selettiva abbinata al trattamento in impianti fissi della frazione litoide, consentirebbe di avvicinarsi ad una condizione ideale di riciclaggio di tipo chiuso in cui le materie prime secondarie prodotte possono essere utilizzate in applicazioni dello stesso livello del materiale di origine.

Il primo importante passo verso il riciclo dei rifiuti inerti si è avuto con il recepimento della direttiva europea 89/106/CE sui materiali da costruzione, che riguarda l'obbligo della marcatura CE per tutti i prodotti destinati ad essere incorporati in opere di costruzione (compresi pertanto gli aggregati sia naturali che riciclati). Un ulteriore passo verso il riciclo dei rifiuti inerti si è avuto con il D.M. 203/2003 e la relativa circolare 15 luglio 2005, n. 5205, che riguarda l'obbligo dell'utilizzo degli aggregati riciclati da parte della Pubblica Amministrazione. Si risente fortemente della mancanza di adeguati strumenti tecnici (elenchi prezzi, capitolati d'appalti, etc.) e della resistenza culturale ad utilizzare un materiale proveniente dai "rifiuti", dovuta soprattutto alla disinformazione. Il minor costo è una delle leve da utilizzare per vincere tale resistenza.

Visto il basso livello di informazione sulle potenzialità di utilizzo degli aggregati ottenuti da rifiuti da C&D, sono stati raccolti dalla letteratura numerosi casi studio che confermano la possibilità di utilizzo. I campi di applicazione degli aggregati riciclati sono molteplici, il loro utilizzo può essere nobile, come costituente di calcestruzzi strutturali, o meno nobile come materiale da riempimento, da sottofondo ecc. Ciò che maggiormente può impedire un uso sicuro in esercizio, è la variabilità in termini di qualità e di composizione, che dipende dalle macerie di provenienza degli aggregati stessi.

L'attività sperimentale ha dato risultati in accordo con quanto riportato in letteratura e con quanto previsto dalle norme. Sono stati sottoposti a prove di taglio diretto campioni confezionati con aggregati naturali e campioni confezionati con aggregati provenienti dall'impianto IPS srl. Il campione di materiale riciclato P0520-R (dimensione particelle: 2/16 mm) è stato confrontato con il campione di materiale naturale proveniente dalla zona di Quarto, quest'ultimo è stato confezionato considerando lo stesso indice dei vuoti ottenuto confezionando il campione "P0520-R". Il valore dell'angolo di attrito e del grains breakness factor ritrovati per il materiale fornito dall'impianto sono:

$$\varphi = 45,05^\circ$$

$$B_g = 101,1 \text{ gr}$$

Il valore dell'angolo di attrito e del grains breakness factor ritrovati per il materiale naturale sono:

$$\varphi = 48,6^\circ$$

$$B_g = 28,1 \text{ gr}$$

In figura 1 sono mostrati i risultati delle prove di taglio diretto effettuate sui due campioni di materiale posti a confronto.

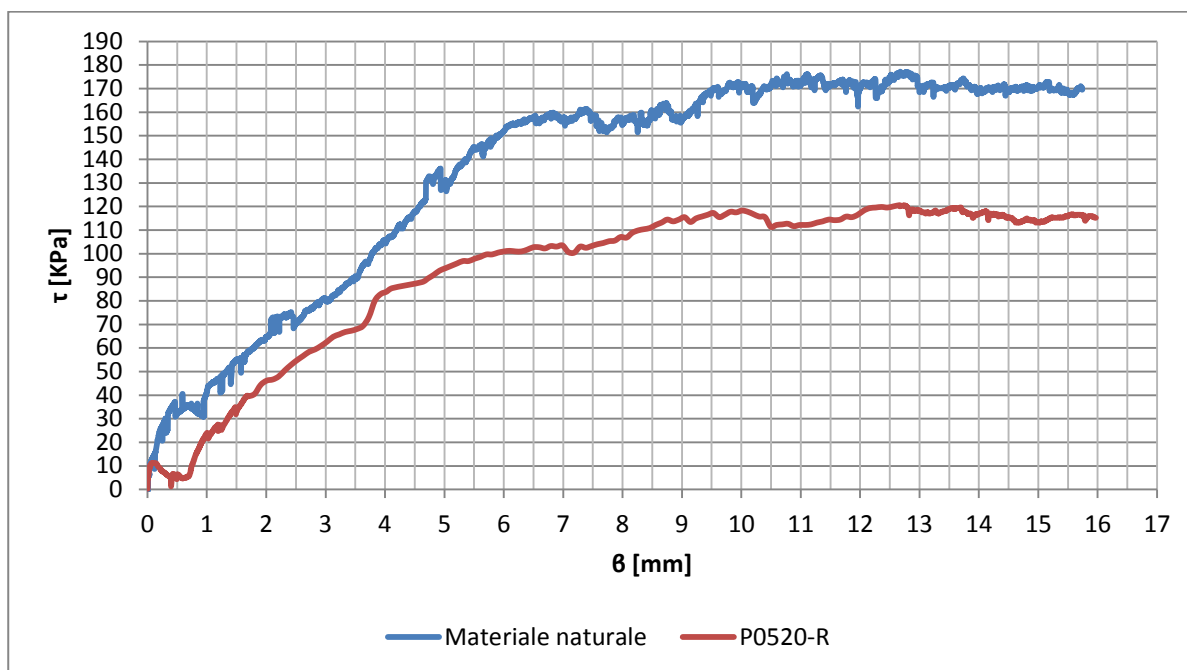


Figura 1 Risultati prove di taglio diretto sui due campioni posti a confronto

Dai valori degli angoli di attrito ritrovati, si comprende che il materiale fornito dall'impianto è meno resistente, in particolare si è osservata una riduzione della resistenza a taglio del 12%. La differenza non è elevata e il materiale riciclato può essere usato in sostituzione dell'aggregato naturale nella realizzazione di opere stradali quali rilevati, sottofondi, riempimenti, strati drenanti e antigelo, strati di fondazione. Ciò è confermato anche dalla prova di taglio diretto fatta sul campione di materiale riciclato P2040-R (dimensione particelle: 16/31,5mm) per il quale il valore dell'angolo di attrito e del grains breakness factor ritrovati sono:

$$\varphi = 47,2^\circ$$

$$B_g = 139,9$$

Attualmente è questo il principale impiego degli aggregati riciclati. La circolare n.5205 del 15 luglio 2005 definisce le caratteristiche che gli aggregati riciclati devono possedere per poter essere impiegati in tale utilizzo. Gli studi di ricerca più recenti, visto l'uso ormai consolidato degli aggregati riciclati nei casi elencati dalla Circolare n.5205, si concentrano sulla possibilità di usare

tali materiali nello strato di base e sulla possibilità di utilizzare laterizi frantumati (da soli o miscelati con calcestruzzo frantumato) nello strato di fondazione delle pavimentazioni stradali.

Sono state sottoposti a caratterizzazione meccanica malte cementizie confezionate con aggregati naturali e malte cementizie confezionate con aggregati provenienti dall'impianto IPS srl con livello di sostituzione pari al 100%. Si è proceduto alla realizzazione di 4 impasti di malta: 3 impasti sono stati ottenuti utilizzando gli aggregati di riciclo SABB1-L, SABB2-L e SABB-R; il 4° impasto, di riferimento, è stato ottenuto utilizzando sabbia normalizzata (SABB-NAT) secondo EN 196-1.

Nella figura 2 sono riportate le curve tensione-deformazione ritrovate.

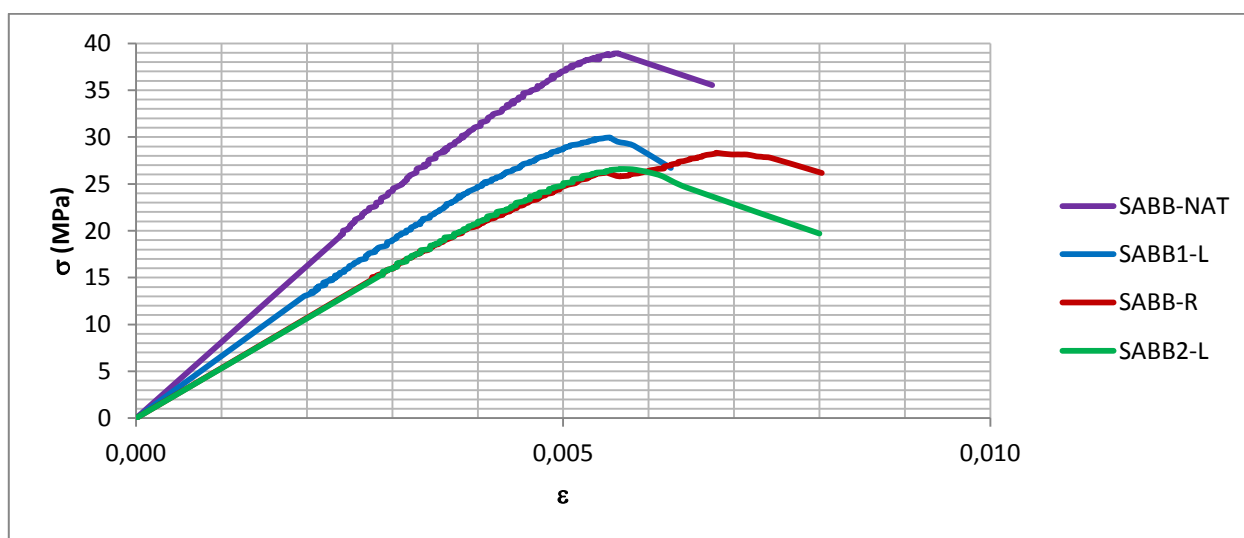


Figura 1 Risultati prove di compressione monoassiale

Le resistenze a compressione delle miscele confezionate con aggregati di riciclo sono inferiori rispetto alla resistenza della malta confezionata con aggregati naturali, in particolare si osserva una riduzione variabile tra il 23 e il 32%. La malta confezionata con l'aggregato di riciclo SABB1-L, che oltre al semplice lavaggio è stato inviato all'idrociclone per la separazione delle impurità di terra, ha una resistenza a compressione maggiore rispetto alla malta confezionata con l'aggregato di riciclo SABB2-L, che è stato sottoposto a semplice lavaggio, e alla malta confezionata con l'aggregato di riciclo SABB-R, proveniente dall'impianto di frantumazione. Le malte confezionate con gli aggregati di riciclo SABB2-L e SABB-R, risultano essere le più deformabili. I risultati sperimentali indicano che anche gli inerti provenienti dal riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione possono essere utilizzati per la produzione di calcestruzzo di buona qualità.