

# Progetto DPC-ReLUIIS 2024-2026 WP5

## task 5.1

## Malte fibrorinforzate con fibre naturali per intonaci armati

Margherita Pauletta, Giada Frappa e Samantha Lisetto, Università degli Studi di Udine

**OBIETTIVO:** Indagare il comportamento di malte cementizie strutturali come potenziali matrici per intonaco armato, rinforzate con due differenti tipologie di **fibre naturali**: basalto e capelli umani.

**METODO:** È stata condotta una campagna di prove sperimentali per determinare la **lavorabilità** delle malte e per ottenerne la caratterizzazione meccanica in termini di **resistenza a trazione** per flessione e a **compressione**. Si sono confrontate le malte con fibre di basalto e capelli con la malta senza l'aggiunta di fibre e con le malte rinforzate con fibre di acciaio e fibre di polipropilene già correntemente usate in edilizia, le prime come rinforzo strutturale, le seconde con funzione antiritiro.

### CAMPAGNA SPERIMENTALE

#### Materiali

| Fibra                     |         |               |         |         |
|---------------------------|---------|---------------|---------|---------|
|                           |         |               |         |         |
| Tipo di fibra             | Acciaio | Polipropilene | Basalto | Capelli |
| Lunghezza [mm]            | 13      | 18            | 18      | 10-30   |
| Diametro [μm]             | 200     | 32±1,6        | 13-22   | 36-130  |
| Resistenza a trazione MPa | ≥ 3100  | ≥ 260         | ≥ 1200  | 132-239 |
| Modulo elastico GPa       | ≥ 200   | ≥ 4           | ≥ 85    | -       |
| Deformazione a rottura %  | >1      | -             | ≤ 3,1   | -       |

#### Malta

Contenuto di clinker di cemento Portland: 23–35%

Dimensione massima degli aggregati: ≤ 1,5 mm

Resistenza a compressione a 28 giorni: ≥ 20 MPa

#### \* Nomenclatura provini

**M:** malta semplice senza fibre (provini di controllo)

**SFRM:** malta rinforzata con fibre di acciaio

**PFRM:** malta rinforzata con fibre di polipropilene

**BFRM:** malta rinforzata con fibre di basalto apprettate

**BAFRM:** malta rinforzata con fibre di basalto non apprettate

**HFRM-0.5:** malta rinforzata con fibre di capelli in percentuale pari allo 0.5% sul peso di cemento, lavate con shampoo

**HFRM-1.7:** malta rinforzata con fibre di capelli in percentuale pari all'1.7% sul peso di cemento, lavate con acetone

| <i>Provini</i> |                   | <i>*M</i>          | <i>SFRM</i>                 | <i>PFRM</i>           | <i>BFRM</i>          | <i>BAFRM</i>            | <i>HFRM-0.5</i>         | <i>HFRM-1.7</i>         |                         |
|----------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| I fase         | Test flessione    | Dimensioni         | 100x100x500 mm <sup>3</sup> |                       |                      |                         |                         |                         |                         |
|                |                   | N° provini         | 3                           | 3                     | 3                    | 3                       | -                       | 2                       | 3                       |
|                | Test compressione | Dimensioni         | 100x100x100 mm <sup>3</sup> |                       |                      |                         |                         |                         |                         |
|                |                   | N° provini         | 8                           | 8                     | 8                    | 8                       | -                       | 4                       | 10                      |
|                |                   | Dimensioni         | 150x150x150 mm <sup>3</sup> |                       |                      |                         |                         |                         |                         |
|                |                   | N° provini         | 2                           | 3                     | 8                    | 3                       | -                       | -                       | -                       |
|                |                   | % H <sub>2</sub> O | 15.5                        | 16.8                  | 15.5                 | 16.9                    | -                       | 15.8                    | 15.8                    |
|                |                   | Fibre              | 0                           | 6.5% in peso di malta | 600 g/m <sup>3</sup> | 1% in volume di impasto | -                       | 0.5% in peso di cemento | 1.7% in peso di cemento |
| II fase        | Test flessione    | Dimensioni         | 40x40x160 mm <sup>3</sup>   |                       |                      |                         |                         |                         |                         |
|                |                   | N° provini         | 4                           | -                     | -                    | 4                       | 4                       | -                       | 4                       |
|                | Test compressione | Dimensioni         | 40x40x40 mm <sup>3</sup>    |                       |                      |                         |                         |                         |                         |
|                |                   | N° provini         | 8                           | -                     | -                    | 8                       | 8                       | -                       | 8                       |
|                |                   | % H <sub>2</sub> O | 17.5                        | -                     | -                    | 17.7                    | 17.0                    | -                       | 17.5                    |
|                |                   |                    | Fibre                       | 0                     | -                    | -                       | 1% in volume di impasto | 1% in volume di impasto | -                       |

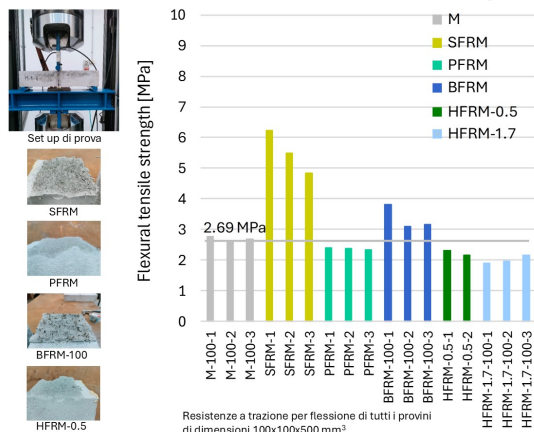
#### Prova di slump

|                        | M          | SFRM       | PFRM       | BFRM       | HFRM-0.5   | HFRM-1.7   |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Immagini del test      |            |            |            |            |            |            |
| Tipo di slump          | True slump | True slump | True slump | True slump | True slump | True slump |
| Altezza cedimento [mm] | 150        | 130        | 120        | 90         | 115        | 100        |

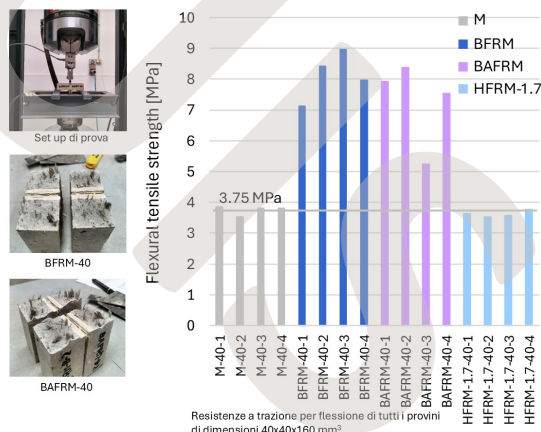
Le malte con fibre di basalto e di capelli **sono lavorabili**. La presenza delle fibre di basalto richiede un leggero incremento di acqua di impasto (7-9%) rispetto a una malta senza fibre. Le malte ottenute sia con fibre di basalto che di capelli sono adatte all'**applicazione su superficie verticale**, negli spessori impiegati per gli intonaci armati.

#### Prova di flessione

##### Provini 100x100x500 mm<sup>3</sup>



##### Provini 40x40x160 mm<sup>3</sup>

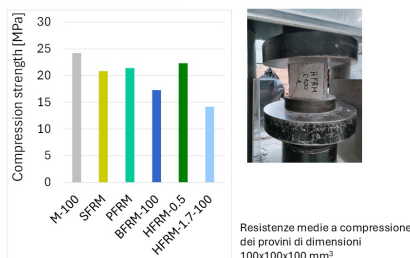


Le fibre di **basalto** sono in grado di **incrementare la resistenza a trazione** della malta. Ciò determina anche il miglioramento del comportamento a taglio, fondamentale sotto azione sismica. Tali fibre sono quindi adatte all'utilizzo negli intonaci armati. Inoltre, secondo le indicazioni della CNR-DT 211/2014, sulla base delle aperture di fessura della fase di carico post-picco, le malte con fibre di basalto oggetto di studio si sono dimostrate idonee per la realizzazione di pavimentazioni senza l'aggiunta di armature.

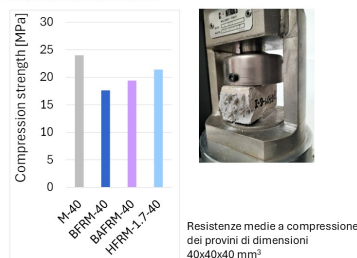
Le fibre di capelli, invece, non producono alcun miglioramento in termini di resistenza. Rimane da investigare il loro eventuale contributo contro il ritiro in fase di maturazione della malta.

#### Prova di compressione

##### Provini 100x100x100 mm<sup>3</sup>



##### Provini 40x40x40 mm<sup>3</sup>



Le fibre di basalto e di capelli, come altre fibre correntemente utilizzate (acciaio e polipropilene), possono ridurre la resistenza a compressione, in base alla loro percentuale e distribuzione. Ciò non costituisce, tuttavia, una preoccupazione, poiché l'intonaco armato, a causa del suo ridotto spessore, non è progettato per incrementare la resistenza a compressione della muratura, ma per migliorare la resistenza a taglio.