



RICERCA E SVILUPPO

RESEARCH & DEVELOPMENT

A testimonianza della necessità di intraprendere studi nel campo degli ancoraggi iniettati è la richiesta sempre più forte da parte dei progettisti di strumenti e di linee guida per il progetto degli ancoraggi e la loro applicazione nel campo del consolidamento delle strutture in muratura. Attualmente la scarsa bibliografia esistente sull'argomento e la carenza di normazione rendono difficoltosa la progettazione di interventi in cui sia necessario l'ancoraggio nelle murature; uno dei principali obiettivi della ricerca è proprio quello di fornire dei parametri di progettazione che possano essere di riferimento per progettisti e tecnici che operano nel settore.

PROVE DI LABORATORIO

In collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile (DICATA) dell'Università degli Studi di Brescia è stata effettuata una campagna di prove in laboratorio su campioni in muratura allo scopo di valutare le capacità degli ancoraggi iniettati con calza in termini di aderenza e di ingranamento meccanico con il substrato.

Gli studi e la sperimentazione sugli ancoraggi iniettati sono anche mirati ad un adeguamento di questa tecnologia alle esigenze specifiche di interventi che, nella maggior parte dei casi, riguardano manufatti che appartengono al nostro patrimonio architettonico, spesso vincolati alla tutela della Soprintendenza per i Beni Architettonici e che necessitano di particolari attenzioni, sia dal punto di vista dei materiali che delle tecniche utilizzate.

L'esecuzione dei numerosi tests condotti nel lavoro di ricerca ha portato alla definizione di alcuni parametri ritenuti significativi per la progettazione degli ancoraggi iniettati con calza, quali le tensioni tangenziali all'interfaccia barra-bulbo di malta e quelle all'interfaccia bulbo-substrato. Il grafico di sintesi (tabella A) riporta i valori medi delle tensioni tangenziali ultime massime ottenute dalle prove di laboratorio in funzione della lunghezza e della forma dell'ancoraggio e del tipo di malta utilizzata per l'iniezione, malta a base cementizia BCM Hs e malta a base calce BCM Ls.

The need to begin studies in the field of injection anchors is testified by the stronger and stronger request by the designers for instruments and guidelines for the design of anchors and their application in the strengthening of masonry structures. At present we dispose of a few literature sources about injection anchors in masonry and there are not even regulations in this field: the design of interventions where anchors in masonry are requested is thus difficult. One of the main aims of research is just that of supplying design recommendations which may be of help for designers and technicians working in this field.

LABORATORY TESTS

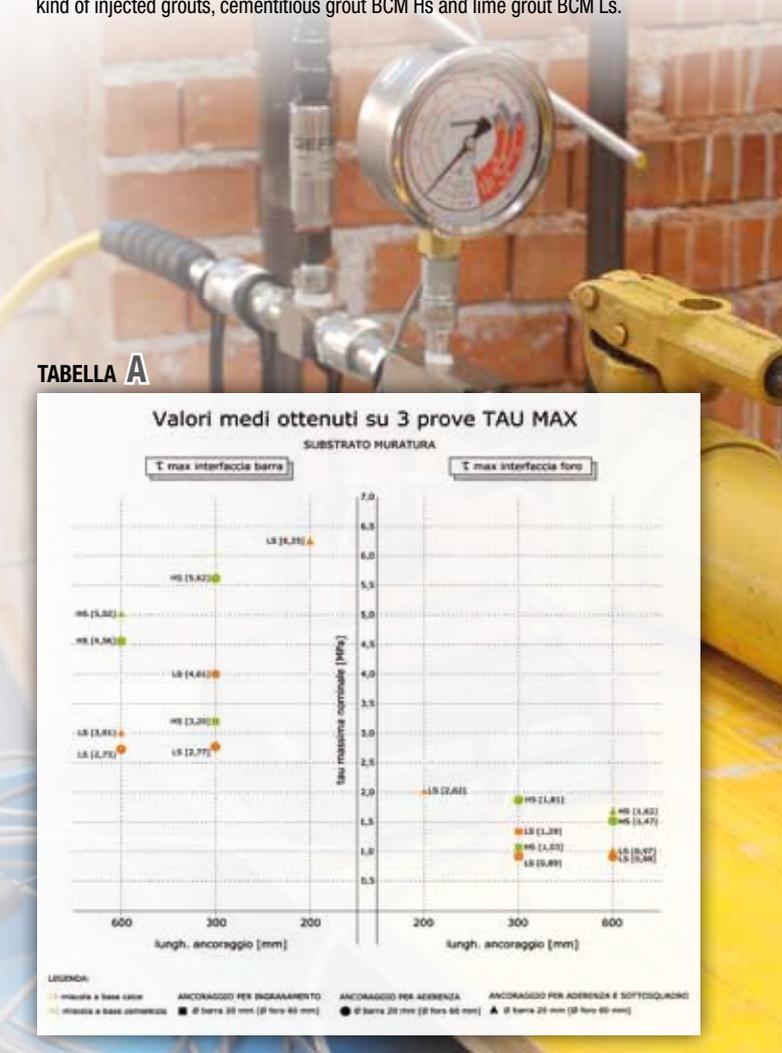
In collaboration with the Civil Engineering Department (DICATA) of the University of Brescia a set of laboratory tests were carried on masonry samples in order to check the capacity of the injection anchors with sock in terms of adherence and mechanical interlocking with the substrate.

Studies and experimentation on injection anchors also aim to adapt this technology to specific needs of intervention which mostly affect buildings belonging to our architectural heritage, often subjected to preservation under the care of the Architectural Heritage and that need particular care, both from the point of view of materials and techniques to be used.

The execution, during the research activity, of a great number of tests has led to the definition of parameters that are fundamental for the design of injected anchors with sock, as the bond strength at the steel bar-injected grout interface and at the injected grout-substrate interface. The synthetic graphic (table A) gives indications about the mean values of ultimate bond strength obtained from tests done at different length in function of the anchor's shape and with different kind of injected grouts, cementitious grout BCM Hs and lime grout BCM Ls.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura,
Territorio e Ambiente (DICATA)
Laboratorio Prove Materiali "Pietro Pisa"





DATI CARICO DA PROVE DI LABORATORIO > LOAD DATA FROM LABORATORY'S TESTS

Nell'ambito della campagna di prove condotta presso il Laboratorio Prove Materiali "Pietro Pisa" dell'Università di Brescia sono stati testati ancoraggi iniettati con calza tipo TBOS 20-60 Hs e TBOS 20-60 Ls installati in banchi prova in **MURATURA STANDARD** (dim. 200x170x75cm) costituiti da mattoni pieni in laterizio (dim. 25x12x6cm) e malta di allestimento con scarse caratteristiche di resistenza meccanica (classe M 2,5). L'abaco riportato di seguito indica i valori delle tensioni tangenziali ultime massime all'interfaccia bulbo di malta/muratura e barra/bulbo di malta per i diversi meccanismi resistenti indagati.

In the "Pietro Pisa" Laboratories, University of Brescia, a series of experimental tests have been performed on injection anchors with sock, TBOS 20-60 Hs and TBOS 20-60 Ls, installed in **STANDARD MASONRY** test members (dim. 200x170x75cm) made with solid bricks (dim. 25x12x6cm) and poor mechanical resistance joint mortar (class M 2,5). The overview of specification and tests results shows the values of ultimate bond strength at the intersection between borehole surface and injected mortar plug and between injected mortar plug and tensile element for the different mechanism of resistance studied.

MECCANISMO RESISTENTE MECHANISM OF RESISTANCE		ADERENZA ADHERENCE	ADERENZA E SOTTOSQUADRO ADHERENCE AND UNDERCUT	INGRANAMENTO MECHANICAL INTERLOCK
TBOS Hs	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	1,81	1,62	1,03
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	5,62	5,02	3,20
TBOS Ls	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	0,89	0,97	1,29
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	2,77	3,01	4,01

LEGEND	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	Valori tensioni tangenziali ultime massime interfaccia bulbo malta-muratura Ultimate bond strength values at the intersection between borehole surface and injected mortar plug
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	Valori tensioni tangenziali ultime massime interfaccia barra-bulbo malta Ultimate bond strength values at the intersection between injected mortar plug and tensile element
	τ_{rec} [N/mm ²]	Valori consigliati tensioni tangenziali > Recommended bond strength values



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA
Facoltà di Ingegneria
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura,
Territorio e Ambiente (DICATA)
Laboratorio Prove Materiali "Pietro Pisa"

DATI CARICO DA PROVE IN SITU > LOAD DATA FROM IN SITU TESTS

Ad integrazione dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio sono state effettuate circa 30 prove di estrazione in situ per la determinazione della capacità di carico degli ancoraggi iniettati con calza su murature esistenti. Sono stati indagati sei differenti siti, rappresentativi delle due principali tipologie di muratura, **MURATURA IN MATTONI** e **MURATURA IN PIETRA**, e sono stati utilizzati ancoraggi campione tipo GBOS 20-60 iniettati con i tre diversi tipi di malta Presstec, BCM Hs e BCM Ls. L'abaco riportato di seguito indica i valori delle tensioni tangenziali ultime massime all'interfaccia bulbo di malta/muratura e barra/bulbo di malta per le diverse murature indagate: in particolare, i valori degli sforzi unitari di aderenza sono messi in relazione con la tipologia di elementi resistenti costituente la muratura e le caratteristiche di resistenza della malta di allestimento.

The results obtained by Laboratories tests have been integrated with about thirty additional in situ pull out-tests to obtain the loadbearing characteristics of the injection anchors with sock. Six different sites representative of the two main type of substrate, **STONE MASONRY** and **BRICK MASONRY**, have been investigated together with anchor samples GBOS 20-60 injected with the three different grouts Presstec, BCM Hs e BCM Ls. The overview of specification and tests results shows the values of ultimate bond strength at the intersection between borehole surface and injected mortar plug and between injected mortar plug and tensile element for the different masonry investigated: in particular the nominal values of adherence have been related to the type of structural units and the performance of the joints mortar.

TIPO DI MURATURA TYPE OF MASONRY	A	B	C	D	E	F	INTERVALLO VALORI TENSIONI TANGENZIALI ULTIME MASSIME ULTIMATE BOND STRENGTH VALUES RANGE
CODIFICA > DESIGNATION	A	B	C	D	E	F	[min - max]
Elementi resistenti Structural units	Calcere compatto Solid limestone	Pietra di Berbenno Stone from Berbenno	Mattoni pieni > Solid bricks 30x15x5 cm	Pietra di Credaro Stone from Credaro	Mattoni pieni > Solid bricks 26x13x8 cm	Calcere di Zorzino Limestone from Zorzino	-
Resistenza a compressione malta allestimento [MPa] Mortar joint compressive strength [MPa]	<< 4	Scarsa resistenza Low resistance	~ 4	<< 4	6 ÷ 9	Elevata resistenza High resistance	-
GBOS Hs	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	1,34	-	0,76	0,53	1,39	1,64
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	4,15	-	2,34	1,64	4,30	5,09
GBOS Ls	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	0,85	0,29	0,47	0,45	0,87	1,11
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	2,64	0,90	1,47	1,38	2,71	3,45
GBOS P	$\tau_{u \text{ max foro}}$ [N/mm ²]	1,00	0,29	0,61	-	-	1,73
	$\tau_{u \text{ max barra}}$ [N/mm ²]	3,09	0,89	1,88	-	-	5,35

> I valori di aderenza di progetto potranno essere determinati, a partire dai valori ultimi, mediante applicazione di opportuno coefficiente di sicurezza:
> The design values for adherence will be calculated with the application of an appropriate safety factor to the ultimate values:

$$\tau_{rec} = \tau_{u \text{ max}} / \nu \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad \nu = 3 \div 4 \text{ coefficiente di sicurezza > safety factor}$$

> Su richiesta: per ulteriori approfondimenti
"Rapporto di prova su ancoraggi iniettati con calza"
> On demand: for further evaluations
"Experimental paper on injection anchors with sock"