

ABALAKOV: COSA SAPPIAMO? - parte seconda: le prove in ambiente -

A cura di: Giuliano Bressan (CSMT - sez. CAAI) e Massimo Polato (CSMT - sez. CAI Mirano)

INTRODUZIONE

In concomitanza del lavoro portato avanti in laboratorio sui blocchi di calcestruzzo cellulare areato durante gli inverni 2019-2020 e 2021, il Centro Studi Materiali e Tecniche - VFG ha iniziato anche una campagna di test su ghiaccio.

LE PROVE PRELIMINARI: CARATTERIZZAZIONE DEL IL GHIACCIO

Una prima cosa che si è cercato di fare, per quanto possibile, è stata quella di caratterizzare la tipologia di ghiaccio su cui venivano eseguite le prove e di raccogliere quante più informazioni possibili sulle condizioni ambientali quali temperatura esterna ed esposizione solare.

Per quanto riguarda il cercare di caratterizzare il ghiaccio nei siti di prova, si è operato sostanzialmente rilevando due parametri: la densità del ghiaccio e la resistenza a estrazione assiale di una vite da ghiaccio.

Per quanto riguarda la densità si è operato ritagliando, con l'uso di una motosega, un cubo di ghiaccio di lato quanto più possibile pari a 10 cm (*Immagine 1*), nella zona di estrazione delle abalakov; dopodiché il valore di densità del ghiaccio è stato calcolato come rapporto tra la massa e il volume del cubetto (*Immagine 2*).



Immagine 1



Immagine 2

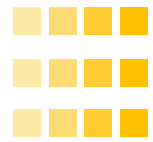
Questo parametro sarebbe servito per confrontare la densità dei tipi di ghiaccio relativi ai vari siti di prova, e per avere un dato da confrontare la densità dei blocchi di Ytong®.

Il valore della resistenza ad estrazione assiale, invece, è stato ottenuto utilizzando una vite da ghiaccio di lunghezza 9,5 cm (con filetto inverso), inserita in un'opportuna attrezzatura che garantiva la corretta direzione di tiro annullando qualsiasi componente di flessione durante l'applicazione del carico.

La procedura di rilevazione della resistenza assiale consisteva nell'avvitare la vite nel ghiaccio e si iniziava quindi la trazione fino a raggiungere un valore di forza pari a 3 kN (*nota 1*). Raggiunto questo valore di carico, si lasciava la vite soggetta a questa forza per 10 secondi.

Il test risultava superato se per quei 10 secondi non risultavano perdite di carico dovute ad eventuale estrazione per trafilatura della vite dal ghiaccio con una tolleranza di 30 daN. Una volta passati questi dieci secondi si proseguiva aumentando il carico fino a rottura.

Il valore di 3 kN trattenuto per 10 secondi è stato assunto come un valore abbastanza elevato per assestare la vite nel ghiaccio e iniziare la prova da un valore minimo valido per tutte le successive misurazioni. Se ripetendo la misurazione in altri 2-3 punti del sito di prova si riusciva a superare il carico minimo richiesto e i valori di estrazione finale risultavano simili, ecco che il ghiaccio poteva essere considerato abbastanza omogeneo.



Nelle immagini qui sotto si propongono le due tipologie di estrattore utilizzati (analogico e digitale) e un esempio di diagramma di output elaborato dal software di gestione dello strumento digitale; invece, per lo strumento analogico si è arrivati al carico di estrazione della vite dal ghiaccio aumentando il carico molto lentamente: mezzo giro di manovella ogni 10 secondi e aspettando 10 secondi tra un mezzo giro di avvitarmento e il successivo.

I modelli di estrattore impiegati sono l'Hydrajaws 2000 (versione analogica) e l'Hydrajaws M2008 (digitale).

Nelle immagini 3, 4, 5 e 6 si vedono i due tipi di estrattore utilizzati; la figura 1 riporta invece un esempio di tipologia di report ottenuta dal software dell'estrattore digitale.



Immagine 3



Immagine 4



Immagine 5

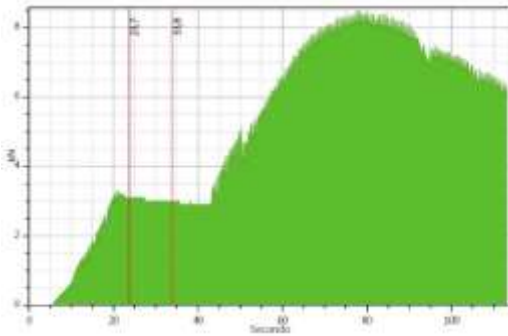


Figura 1



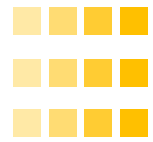
Immagine 6

PRIMA SESSIONE DI TEST: BAITA SEGANTINI AL PASSO ROLLE

La prima sessione di prove su ghiaccio si è svolta sul laghetto che si trova nei pressi della Baita Segantini al passo Rolle. Certo, qualcuno obietterà subito che il ghiaccio di "lago" non è come il ghiaccio di cascata (ma com'è il ghiaccio di "cascata"? Sempre uguale?); questa uscita serviva però sostanzialmente per testare le attrezzature, la bontà o meno della metodologia di prova progettata e quella per cercare di caratterizzare in qualche modo il ghiaccio. Il luogo individuato aveva due grossi vantaggi: ci si poteva arrivare in modo facile per poter trasportare tutta l'attrezzatura e, soprattutto, permetteva di lavorare su un piano orizzontale. Questo ci consentiva di costruire facilmente molte abalakov e testarle in modo relativamente facile e veloce.

Per iniziare si sono eseguite le varie misure accennate in precedenza ricavando i seguenti parametri: densità del ghiaccio pari a circa 850.4 kg/m^3 e un valore di resistenza all'estrazione assiale pari a 11.5 kN .

Una volta fatto questo ci si è dedicati all'allestimento del campo di prova delle abalakov vere e proprie.



La superficie orizzontale del laghetto si prestava bene per preparare tutta una serie di abalakov disposte a



Immagine 7

cerchio rispetto ad un centro in cui era fissata una piastra. Questo permetteva di tirare ogni singola clessidra con una direzione di tiro sempre uguale che andava dal centro della piastra al vertice del cordino dell'abalakov stessa. Le immagini seguenti fanno vedere bene la situazione d'insieme (Immagine 7), dove si vede bene la piastra di fissaggio e il sistema di messa in carico costituito da un paranco manuale a leva tipo "Tirfor" con una portata pari ad una tonnellata; l'immagine 8, invece, evidenzia il particolare della cella di carico interposta tra il cordino dell'abalakov e la catena del paranco.

In questa prima campagna di prove, sono state provate solamente due tipologie di clessidre: quelle orizzontali e quelle verticali, utilizzando la dima tutta aperta e le viti da ghiaccio da 21 cm.

Da questa esperienza è emerso che il "Tirfor" che in dotazione aveva una portata troppo limitata e per questo non si è mai giunti a rottura delle abalakov (!); al raggiungimento di un certo carico, infatti, interveniva il meccanismo di protezione del paranco mandandolo in blocco. Per questo motivo i risultati ottenuti in questa prima sessione di prove sono stati messi da parte e non tenuti in considerazione nell'elaborazione finale.



Immagine 8

Rimane comunque il fatto che i carichi raggiunti sono davvero molto elevati.

I risultati, riportati a solo scopo informativo, sono proposti nella tabella seguente (Tabella 1) e indicano, in ogni caso, valori di resistenza molto elevati e "confortanti".

Tipo Abalakov	Carico raggiunto [daN]
Verticali	1348,5
Orizzontali	1327,5

Tabella 1

TRE GIORNATE DI TEST A SANTO STEFANO DI CADORE

Una volta fatta esperienza sul campo al passo Rolle, si sono iniziati i test veri e propri a Santo Stefano di Cadore, nei pressi di una parete ghiacciata vicino alla strada che sale verso Sappada (sempre per poter essere comodi nel trasporto di tutta l'attrezzatura), che si forma alla base della cascata "Little Jumps".

A differenza della tornata di prove precedente si è sostituito il sistema di trazione passando dal "Tirfor" ad un organo manuale a catena con una portata di due tonnellate.

Per prima cosa sono state effettuate le misure di densità del ghiaccio e forza di estrazione assiale della vite; nella tabella sottostante (Tabella 2), sono riportati i valori medi di questi parametri raccolti su tre campionamenti svolti su tre punti del sito di prova; per quanto riguarda la temperatura ambiente rilevata, i valori si attestano attorno ai -8,3 °C (max=-6,3 °C e min=-10,4 °C). La parete è risultata completamente all'ombra per tutto il periodo di prova tranne che per circa 40 minuti tra le 12:00 e le 13:00.



sito di prova	densità del ghiaccio [kg/m ³]	Carico massimo di estrazione assiale [kN]	note
"Little Jumps"	770,6	8,4	media su 3 misurazioni

Tabella 2

In queste giornate di lavoro si sono testate su ghiaccio le varie tipologie di abalakov che erano state precedentemente provate "a secco", utilizzando per la loro costruzione la medesima dima adoperata in laboratorio (*Immagine 10*) che a seconda della sua apertura, consente di ottenere clessidre di diversa larghezza. Come per le prove di laboratorio si è concentrata l'indagine su abalakov realizzate con l'utilizzo della dima prima tutta chiusa e poi tutta aperta, a cui corrispondono rispettivamente larghezze di 11 e 17 cm.



Immagine 10

Si sottolinea anche il fatto che prima di iniziare a costruire tutte le abalakov, il ghiaccio veniva "ripulito", mediante l'utilizzo di una moto sega, del primo strato per uno spessore di circa 2 cm; questo per eliminare la parte più esterna soggetta a insolazione e "cottura" del ghiaccio, arrivando allo strato sottostante "azzurro" e compatto.

A seguire vengono proposte, come è stato fatto per la parte inerente alle prove su Ytong®, le resistenze ricavate per le varie tipologie di clessidre come media ottenuta dalle relative misurazioni eseguite.

ABALAKOV ORIZZONTALI

Anche in ambiente la prima tipologia di abalakov che si è iniziato a provare è stata quella orizzontale.

Nella tabella 3, sono riassunti i valori ottenuti dalla media dei vari test eseguiti per questa tipologia, mentre la figura 2 ne riporta i valori su un grafico di più immediata lettura.

Oltre alle righe che riportano la resistenza media delle abalakov orizzontali, con larghezze da 11 e 17 cm, nella tabella sono presenti anche altri due risultati. Come precedentemente fatto in laboratorio, infatti, si è testata la resistenza di questo tipo di clessidra anche in altre due configurazioni:

- 1) la prima, in cui il cordino in Kevlar® da 6 mm viene sostituito da uno spezzone di mezza corda di diametro pari a 7,8 mm
- 2) la seconda, nella quale per realizzare l'abalakov è stata utilizzata una vite corta di lunghezza pari a 10 cm (misura che corrisponde a una larghezza della clessidra pari a 7,5 cm).

Tipo Abalakov	larghezza [mm]	Resistenza media "R" [daN]	Deviazione Standard [daN]
orizzontale "corta"	11	668,8	28,9
orizzontale "corta" mezza corda	11	704,1	93,0
orizzontale "10 cm"	7,5	247,4	34,7

Tabella 3

In questo caso i risultati sono coerenti con quanto ci si attendeva, ovvero che a clessidra con larghezza superiore coincide una



Figura 2



resistenza media maggiore e, seppur inevitabilmente diversi, da quelli ottenuti sui blocchi di Ytong®, ne seguono l'andamento.

Anche per quanto riguarda la modalità di frattura, si può affermare che vi sia una ottima coerenza con quanto avviene nei blocchi di cemento cellulare: il cordino comprime e “taglia” la parte di ghiaccio a lui sottostante nei pressi dei fori di uscita e comprime la parte interna, “caricando” di energia la porzione di ghiaccio interessata, che poi cede di schianto e in modo “esplosivo” verso l'esterno.

ABALAKOV VERTICALI

Per quanto riguarda le abalakov verticali, anche in questo caso ne sono state analizzate quattro tipologie: la “verticali lunga” e quella “corta”, ovvero costruite con la dima rispettivamente tutta aperta e chiusa, la “verticale corta” con la mezza corda al posto del cordino in Kevlar® e la verticale costruita con la vite da 10 cm.

Nella tabella 4 e nella figura 3, sono riportati i valori di resistenza con le relative deviazioni standard.

Tipo Abalakov	larghezza [mm]	Resistenza media "R" [daN]	Deviazione Standard [daN]
verticale "corta"	11	973,2	284,8
verticale "corta" mezza corda	11	819,9	212,7
verticale "10 cm"	7,5	189,2	35,0

Tabella 4



Figura 3

Anche per le clessidre verticali, i risultati rispecchiano quanto ci si aspettava e ricalcano, come tendenza, quanto emerso dalle prove in laboratorio.

Confrontando i valori di resistenza di queste prime due tipologie di abalakov (orizzontale e verticale), si nota come la seconda risulti migliore, da questo punto di vista, mostrando un incremento di resistenza pari a circa il 31%.

Per quanto riguarda la modalità di frattura, riguardando le riprese video, si riconosce, anche in questo caso, una modalità di cedimento simile a quanto visto sui blocchi di Ytong®. Tuttavia, rispetto al caso di clessidra orizzontale che ben ricalca la metodologia di frattura che avviene nei blocchi di calcestruzzo cellulare, nel caso di clessidre verticali si nota anche una componente finale “esplosiva” che non si verifica nelle prove a secco, dove prevale la componente di taglio.

Il cordino inizia a tagliare la parte di ghiaccio in corrispondenza del foro in alto e al contempo vi è anche una compressione e seguente taglio all'uscita del foro in basso, a causa della superficie non perfettamente regolare del ghiaccio; essendo questo elemento più rigido del cemento cellulare, non avviene come in quest'ultimo, la completa fuoriuscita del cordino per taglio totale del materiale cementizio, ma si crea una sorta di compressione del ghiaccio sottostante e della parte interna che porta ad un cedimento “esplosivo” della parte anteriore della clessidra stessa, simile, ma meno marcato, rispetto al caso di abalakov orizzontale.

ABALAKOV OBLIQUE

Le prove fatte sulle abalakov oblique hanno dato dei risultati che si sono discostati leggermente da quelli trovati sul cemento cellulare Ytong®; Nella tabella 5 e nel relativo diagramma di figura 4, sono riportati i dati sperimentali raccolti per 4 tipologie di clessidre di questo tipo.

Tipo Abalakov	larghezza [mm]	Resistenza media "R" [daN]	Deviazione Standard [daN]
oblique nodo basso	11	756,0	94,5
oblique nodo alto	11	744,3	45,2
oblique nodo basso mezza corda	11	843,2	165,8
oblique nodo alto "10 cm"	7,5	59,2	

Tabella 5

Nelle prove fatte su Ytong® si apprezzava una differenza marcata tra clessidre oblique realizzate con il nodo di giunzione che usciva dal foro in alto rispetto al foro in basso. Su ghiaccio questa differenza sembra quasi scomparire; si ipotizza che ciò sia dovuto ad una maggiore rigidità di questo elemento, più resistente al taglio rispetto al cemento cellulare.



Figura 4

Rimane simile il processo di frattura dove sia sul calcestruzzo cellulare, sia su ghiaccio; si nota come il cordino inizia tagliare il materiale in corrispondenza dei fori e da questi punti inizia a propagarsi una cricca lungo la direzione che congiunge i due fori portando, infine ad una spaccatura esplosiva della parte di materiale sovrastante la linea di frattura. Nelle immagini che seguono (Immagini 11, 12 e 13), sono presentati 3 momenti diversi che indicano le 3 fasi descritte: l'immagine 11 mostra l'abalakov all'inizio della prova, l'immagine 12 evidenzia la cricca che si forma tra i due fori e, infine, l'immagine 13 fa vedere la linea di frattura in cui manca il materiale (caduto dopo il distacco "esplosivo"), della parte superiore a questa linea.



Immagine 11



Immagine 12

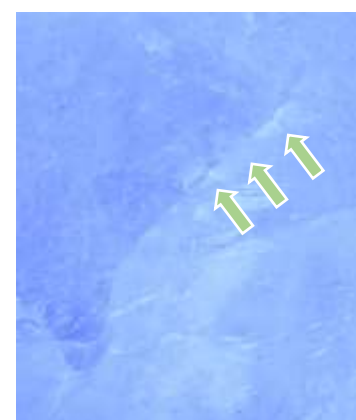
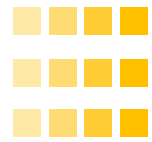


Immagine 13



ABALAKOV ORIZZONTALI E VERTICALI SU DIMA TUTTA APERTA E VITE DA 19 CM

Una volta esaurite le indagini sulle varie tipologie di abalakov costruite con le medesime larghezze e lunghezze di quelle utilizzate per le prove in laboratorio, si sono eseguite delle prove per verificare la resistenza delle clessidre costruite su ghiaccio, utilizzando la dima tutta aperta e la vite lunga da 19 cm, così come si farebbero nella realtà, ovvero cercando di costruire la clessidra con la massima sezione resistente.

Considerando che, dall'indagine di tutti i tipi visti precedentemente, le clessidre che davano la resistenza più elevata erano quelle orizzontali e verticali abbiamo testato queste tipologie nella configurazione appena esposta che garantisce la massima resistenza; nella tabella 6 e nella relativa figura 6, vengono esposti i risultati della resistenza media "R" rilevata a seguito delle prove effettuate.

Tipo Abalakov	larghezza [mm]	Resistenza media "R" [daN]	Deviazione Standard [daN]
Orizzontali	17	1552,5	91,4
Verticali "nodo alto"	17	1522,3	65,5
Verticali "nodo basso"	17	1483,5	77,6

Tabella 6

Si fa notare che in alcune di queste prove non ha ceduto la clessidra ma si è rotto il cordino in Kevlar® da 6 mm, inserito al suo interno, nei punti di contatto col ghiaccio in uscita dal foro.



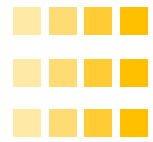
Figura 6

RISULTATI E CONCLUSIONI

Prima di concludere vengono riassunti nella seguente tabella (Tabella 7), i risultati inserendo oltre che le varie tipologie di abalakov anche quelle costruite con le viti più lunghe e più corte.

L chiodo [cm]	DENOMINAZIONE	Resistenza media "R" [daN]	NOTE
19	Orizzontale	1552,5	dima tutta aperta
	Verticale NA	1522,3	dima tutta aperta
	Verticale NB	1483,5	dima tutta aperta
17	Verticale NA	973,2	dima tutta chiusa
	Obliqua NB "corda"	843,2	dima tutta chiusa
	Verticale NA "corda"	819,9	dima tutta chiusa
	Obliqua NB	756,0	dima tutta chiusa
	Obliqua NA	744,3	dima tutta chiusa
	Orizzontale "corda"	704,1	dima tutta chiusa
	Orizzontale	668,8	dima tutta chiusa
10	Obliqua NA 7,5 cm	268,0	distanza tra i centri foro 7,5 cm e profondità foro 9 cm
	Orizzontale 7,5 cm	247,4	distanza tra i centri foro 7,5 cm e profondità foro 9 cm
	Verticale NA 7,5 cm	189,2	distanza tra i centri foro 7,5 cm e profondità foro 9 cm

Tabella 7



Nella tabella le sigle "NA" e "NB" significano "nodo alto" e "nodo basso" ovvero, stanno ad indicare che il nodo di chiusura del cordino in Kevlar® o dello spezzone di mezza corda (quest'ultimo indicato dalla sigla "corda") che venivano inseriti nelle abalakov, era posto in uscita rispettivamente del foro in alto o in basso.

Associato alla tabella 7, vi è il seguente grafico proposto in figura 7.

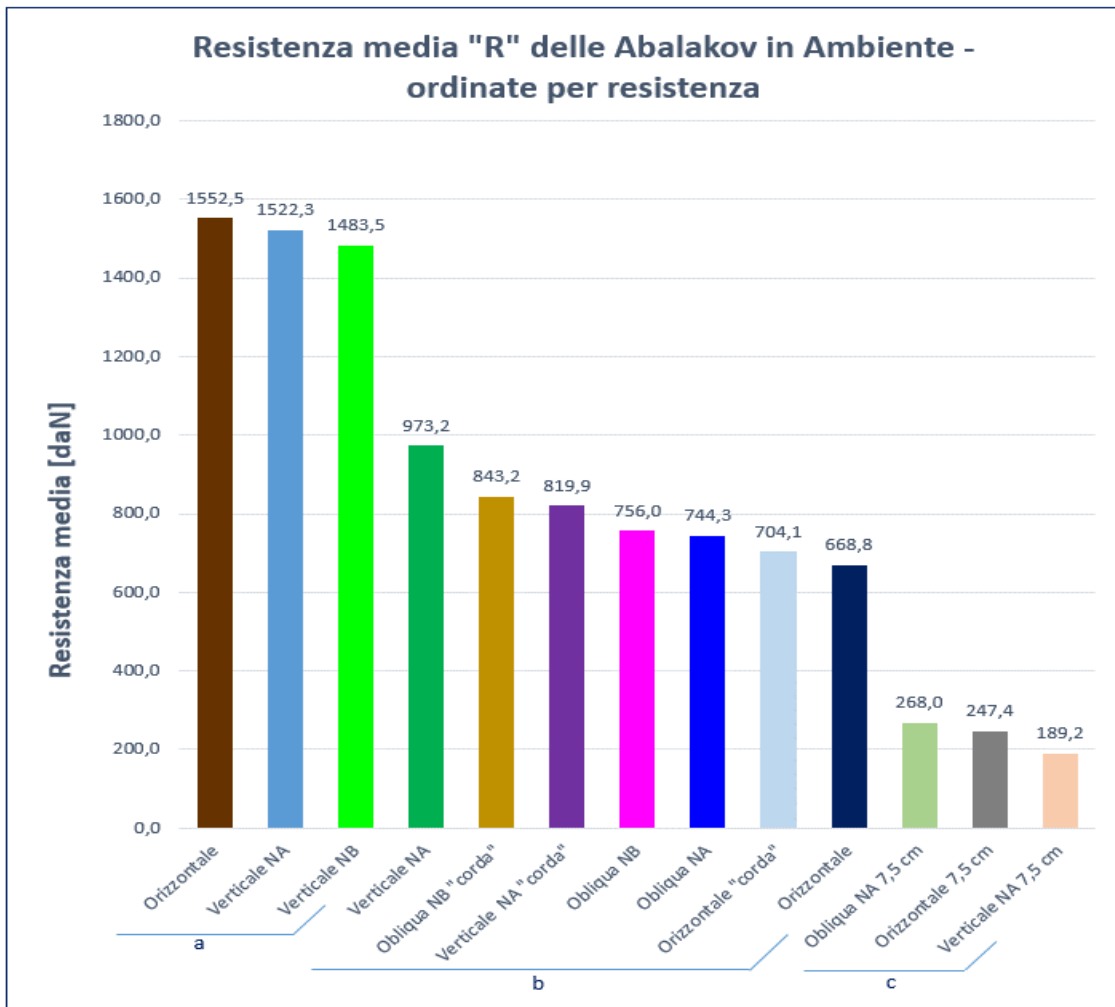


Figura 7

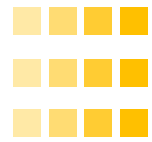
Per analizzare si divide questo grafico in 3 parti: a), b) e c).

a) DIMA TUTTA APERTA E VITE DA 19 cm

La prima parte è rappresentata dalle prime 3 colonne che raggruppano 3 tipologie diverse di abalakov, costruite tutte posizionando la dima alla massima apertura e utilizzando la vite lunga 19 cm (ricercando cioè la massima sezione resistente).

Si osserva come rappresentino le clessidre con la maggiore resistenza media e che, di fatto, non vi sia una così grande differenza in termini di tenuta tra la costruzione orizzontale e verticale.

Come si era visto nelle prove di laboratorio su cemento cellulare areato, la variante orizzontale risulta leggermente più performante di quella verticale con "NA".



b) DIMA TUTTA CHIUSA E VITE DA 17 cm

La seconda parte del grafico costituita da 7 colonne, indica altrettante tipologie di abalakov che ricalcano quelle provate in laboratorio, costruite tutte con la medesima geometria derivante dall'utilizzo della dima tutta chiusa e della vite di lunghezza pari a 17 cm.

Nel caso in cui, per i più svariati motivi, vi fosse la necessità di preparare un'abalakov e non si avesse a disposizione la vite più lunga, ma almeno quella di lunghezza media (nel nostro caso, pari a 17 cm), la clessidra che presenta la maggiore resistenza è quella tipo verticale; va realizzata avendo l'accortezza di posizionare il nodo di giunzione del cordino in modo tale che esca dal foro più in alto.

Se si confronta la resistenza di questo tipo di clessidra con quella orizzontale, si nota come vi sia una differenza di circa 300 daN a favore della prima, con un incremento percentuale di circa 30 punti.

Una resistenza media che si posiziona tra i due tipi precedenti, si ritrova nelle clessidre "oblique"; considerato però che nella pratica difficilmente ci si mette a fare una clessidra inclinata a 45°, citiamo il dato per solo scopo conoscitivo.

c) ABALAKOV COSTRUITE CON LA VITE DA 10 cm

A puro scopo di raccolta dati, si sono provate anche delle clessidre costruite con la vite più corta che porta ad una larghezza di soli 7,5 cm.

A differenza di quanto avvenuto in laboratorio in cui si erano ricavate elevate resistenze anche in queste condizioni, i risultati delle prove in ambiente non confermano, assolutamente, quelli ricavati su Ytong®, anzi, sconsigliano nel modo più assoluto di affidarsi a questo tipo di clessidre.

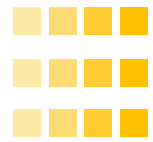
In senso più generale si può dire che:

- Nella costruzione di un'abalakov, al di là della tipologia, è sempre bene cercare di realizzare quella con la sezione resistente più elevata.

La sezione resistente di un'abalakov fatta con la dima tutta aperta e la vite da 19 cm e di circa 106 cm², quella fatta con la dima tutta chiusa e la vite da 17 e di circa 47 cm² e ciò comporta che tra le due vi è una differenza di quasi il 56% a favore della prima.

In presenza di clessidre costruite con la massima sezione resistente, non c'è molta differenza tra il tipo verticale e quello orizzontale e ciò è dovuto con buona probabilità al fatto che vi è un surplus di sezione resistente in relazione al carico applicato.

- Questo ragionamento non vale più per le clessidre costruite con la vite da 17 cm in cui, evidentemente, la sezione resistente non è più così sovradimensionata come nel caso precedente e, quindi, la tipologia di abalakov influisce nel computo della resistenza totale, verosimilmente per il diverso modo con cui il cordino distribuisce il carico all'interno della clessidra, rispetto al caso orizzontale.
- Nel caso in cui non si avesse a disposizione la dima (cosa che succede nella maggior parte dei casi), si consiglia di non utilizzare come riferimento la spanna della mano. Infatti, questo riferimento, se utilizzato da persone con mani di piccole dimensioni, potrebbe non portare alla costruzione della clessidra avente la massima sezione resistente. È meglio utilizzare come "dima", la vite più lunga posta in orizzontale o in verticale, iniziando a fare i fori partendo dall'interno delle due estremità.
- È sempre bene togliere la parte superficiale del ghiaccio (i primi 2-3 cm), in modo da arrivare a costruire la clessidra nella parte interna che è meno soggetta a irraggiamento o a croste di rigelo.



RINGRAZIAMENTI

Un doveroso e sentito ringraziamento per questo lungo e difficile lavoro (quattro giornate di lavoro per ottanta prove, eseguite in condizioni ambientali non sempre “confortevoli”, per persone e strumentazioni), va a tutte quelle persone che ci hanno aiutato a svolgere i test. In particolare: Fabio Bortolozzo (sez. CAI Mirano), Marco Brunet (CSMT e SAGF), Cristian Cesaro (sez. CAI Mirano), Andrea Lazzaro (CSMT VFG, sez. CAI Padova), Alessio Piccioli (SCSA, sez. CAI Pisa), Marco Segat (CSMT e SAGF). A questi, aggiungiamo un sentito ringraziamento anche al comandante della Caserma di passo Rolle della Scuola Alpina della Guardia di Finanza per l’ospitalità e il supporto logistico fornito nelle giornate di test al passo Rolle.

Nota 1:

Il newton - “N” - è un’unità di misura della forza nel Sistema Internazionale; un N è la forza che applicata a una massa di 1 kg le imprime l’accelerazione di 1 m/s² ed equivale a circa un ettogrammo peso.

Un decanewton - “daN” (10 newton) viene spesso usato perché equivale a circa 1 kg peso.

Un kilonewton “kN” (1000 newton) equivale quindi a circa 100 kg peso.

BIBLIOGRAFIA

Giuliano Bressan e Massimo Polato - *Abalakov: cosa sappiamo? - parte prima: i test di laboratorio* -

Stefano Cracco – *Viti da ghiaccio. Uno studio sulla tenuta (parte prima)* – La Rivista del Club Alpino Italiano, marzo-aprile 2017.

Stefano Cracco e Giovanni Meneghetti – *Viti da ghiaccio. Uno studio sulla tenuta (seconda parte)* – La rivista del Club Alpino Italiano, maggio-giugno 2017.

Gordon R. Smith – *Strength of V-Thread versus A-Thread Ice Anchors in meting glacier ice* – International Technicaal Rescue Symposium. Pueblo Colorado USA, November 6-8-2009.