

Analysis of the construction elements of tholoi

Manuela Marino^{a*}

^a *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR), Università di Catania, Viale Doria 6, 95100, Italia*

Highlights

The knowledge of a monument identity is necessary for its preservation. The static identity of tholoi is also made of their features. The paper studies in depth the knowledge of construction characteristics of tholoi, their origin and historical-construction evolution. We examined the stability of tholoi, comparing the principles of active or passive resistance; their static membrane behavior "due to the shape". Tholoi are classified on the basis of principles of processing and construction elements are listed according to their role. We suggest a tholos completion for the ruins of an ancient architecture, located in the sud-est of Sicily and called "the Favorita", which was identified as a "trigona" by archaeologists.

Abstract

The aim of this study is to show that the analysis of features and construction elements of ancient buildings allow to provide to their correct preservation. A deep knowledge of constructive feature and static behavior allow to verify the hypothesis of tholos completion for the ruins of an ancient architecture, located in the sud-est of Sicily, and called "La Favorita". Previously, the ruins were attributed by archaeologists to the trigona model, based on the contrast of vaulted spaces which are absent in the above ruins and in tholoi architecture.

Keywords

Trilith, Tholos, Arc, Pseudo-dome, membrane

1. INTRODUZIONE

Il presente studio si occupa dell'esame del comportamento statico degli organismi a tholos e del ruolo svolto dai singoli elementi costruttivi nella stabilità globale. Esso è stato svolto nell'ambito di una più vasta ricerca, condotta in collaborazione con il Prof. Corrado Fianchino, docente di Architettura Tecnica presso l'Università di Catania, e che riguarda le seguenti tematiche:

- origine ed evoluzione storico costruttiva degli organismi a tholos;
- evoluzione dal sistema costruttivo trilitico alla tholos, e dalla tholos all'arco;
- classificazione delle tholoi in base agli elementi costruttivi e principi di lavorazione.

Le tholoi sono costruzioni spontanee anche molto diverse fra loro, che hanno diffusione in tutta l'area euro-mediterranea, con le più svariate destinazioni d'uso. Tecniche costruttive simili si trovano dalla preistoria (tombe neolitiche e antico bronzo, civiltà nuragica, ecc..) fino al XX secolo d.c., utilizzate per le più varie esigenze umane. Tali organismi architettonici, così diversi fra loro per conformazione e destinazione d'uso, sono tutti accomunati da un particolare sistema di copertura realizzata in muratura con filari orizzontali in aggetto. Il riconoscimento delle tholoi come bene culturale d'arte è ormai riconosciuto dalla iscrizione nella lista del patrimonio mondiale dell'umanità (UNESCO) delle principali civiltà a cui hanno dato luogo le costruzioni a tholos, come la civiltà nuragica sarda e la civiltà dei trulli pugliesi.

* Corresponding author. Tel.: +39-392-391-1887; e-mail: mmarino@dar.unict.it

L'identità di un monumento è data dalla sua forma e dall'insieme delle sue caratteristiche costruttive. Per questo motivo lo studio del comportamento statico delle tholoi è necessario ad acquisire una conoscenza critica che contribuisce a comprenderne l'identità, e quindi, a garantirne la corretta conservazione come testimonianza di civiltà scomparse e del genio creativo dell'uomo. In questo lavoro si vuole dare un contributo allo studio del comportamento di questi antichi organismi architettonici e fornire un esempio concreto, tramite un caso studio, di come la corretta conoscenza della conformazione costruttiva possa aiutare a salvaguardare l'identità storica e culturale di un monumento.

2. STATO DELL'ARTE

Nonostante gli organismi a tholos siano presenti in tutta l'area euro-mediterranea già dalla preistoria, queste costruzioni risultano poco studiate dalla comunità scientifica; fanno eccezione le tholos micenee, che sono forse le più conosciute, ma di certo non le più antiche. In letteratura esistono rilievi e descrizioni relative ai monumenti più importanti, ma manca una descrizione organica e complessiva relativa alla conformazione di tali edifici. Il comportamento statico di tali organismi è stato per lungo tempo travisato, ipotizzando un modello a "falsa cupola", secondo cui ciascuno degli spicchi meridiani, in cui può idealmente suddividersi la tholos, sarebbe capace di mantenersi da solo in equilibrio, indipendentemente dagli altri spicchi. In questo modello si trasmettono solo azioni verticali, e le risultanti dei pesi propri dei blocchi e del loro contrappeso, devono cadere, per l'equilibrio, all'interno della sezione di base, come ipotizzato da Sparacio [1] (Fig. 1a). Questa teoria viene messa in discussione da F. Laner [2], ripresa da R. Santillo [3], e superata dopo le recenti ricerche di M.T. Como [4] e di M. Como [5]. Ogni spicchio meridiano, non essendo in grado di sostenersi autonomamente, tende ad appoggiarsi al centro sugli altri impegnando gli anelli orizzontali a conci radiali. Secondo questo comportamento, proprio di una vera cupola, ogni blocco lapideo, che compone lo spicchio meridiano, trasmette al blocco sottostante una risultante obliqua, somma del peso proprio verticale e di una forza orizzontale agente lungo l'asse meridiano dello spicchio stesso. Si ha un regime statico misto di compressione negli anelli superiori, che tende a far scivolare i conci all'interno e di trazione negli anelli inferiori, che tende ad allargare la parte basamentale (Fig. 1b).

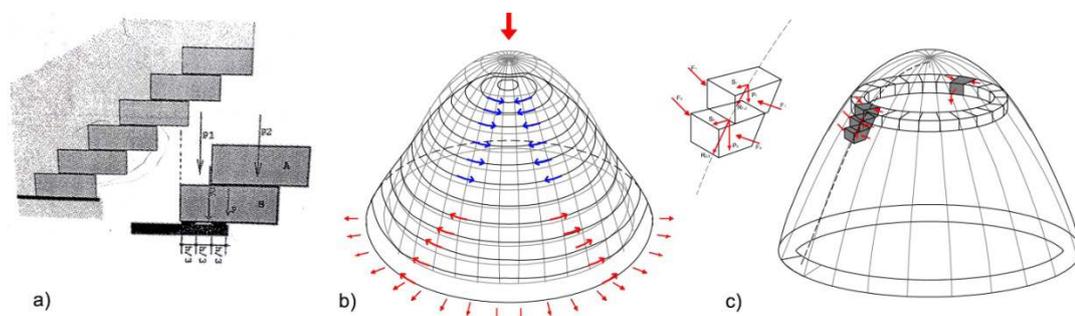


Figura 1. a) modello a falso arco in un'illustrazione di Sparacio (op.cit.); b) comportamento membranale, azioni sui paralleli e sui meridiani; c)comportamento membranale, regime tensionale su un concio di un anello superiore.

3. METODOLOGIA

La fase centrale del lavoro consiste nella individuazione del ruolo che ciascun elemento costruttivo svolge nella stabilità complessiva degli organismi a tholos. A tale scopo sono stati raccolti rilievi e descrizioni relativi ad organismi a tholos forniti da archeologi, vedutisti del passato e studiosi moderni. Tramite l'osservazione indiretta delle diverse architetture, si è dunque cercato di effettuare una classificazione di questi organismi, basata non su considerazioni cronologiche o sulla destinazione d'uso, bensì sui principi di lavorazione e su gli elementi costruttivi presenti. Ciascun elemento costruttivo svolge infatti un ruolo preciso nell'assorbire le azioni a cui è sottoposto l'organismo architettonico, anche se naturalmente gli antichi costruttori, ignari di sollecitazioni e stati tensionali, agivano in base ad una percezione diretta del comportamento, basata trasmissione per via dell'esperienza. La maggior parte delle tholoi sopraterra che è stato possibile osservare, attraverso i rilievi dei vari autori, presentano i seguenti elementi: un paramento interno, in conci lapidei a filari in aggetto, che costituisce la cupola vera e propria; un tumulo di pietrame sciolto e terra che può essere esterno o in intercapedine; in quest'ultimo caso è presente anche un paramento esterno in conci spesso megalitici. Il paramento interno, che costituisce la cupola vera e propria, presenta un'apparecchiatura a conci radiali accuratamente rinzeppati e posti a contrasto fra loro; questo fa sì che nella parte superiore, dove per effetto del peso proprio gli anelli vengono spinti verso il centro della cupola, i conci non possano scivolare verso l'interno. Il tumulo esterno o confinato ha appunto compito di imprimere una precompressione naturale agli anelli superiori, tenendone serrati gli elementi lapidei, mentre nella parte inferiore, dove gli anelli tendono invece ad allargarsi, esso ha il compito di fornire un contrasto allo scorrimento dei conci, che altrimenti sarebbero liberi di muoversi verso l'esterno lungo i piani di posa orizzontali. Il paramento esterno serve a "cerchiare" la cupola e ad assicurare una resistenza "per forma" (Fig. 2a). Le Tholoi sottoterra sono invece scavate nella roccia che può essere rivestita o meno da una fodera di conci in aggetto che costituisce la cupola ad involucro globale. In questo caso le azioni orizzontali alla base sono assorbite direttamente dalle pareti del pozzo di scavo, mentre i conci degli anelli superiori sono serrati dal tumulo esterno. Un ulteriore elemento da sottolineare è che la particolare forma ogivale della cupola negli organismi a tholos non è semplicemente una caratteristica formale, ma un ulteriore accorgimento necessario per minimizzare l'entità delle azioni orizzontali. Queste infatti sono massime nel caso di cupola emisferica e diminuiscono per cupole ogivali (Fig. 2b). Le tholoi dal profilo rialzato permettono di diminuire la componente orizzontale delle azioni ed hanno bisogno di spessori murari minori per assorbirle.

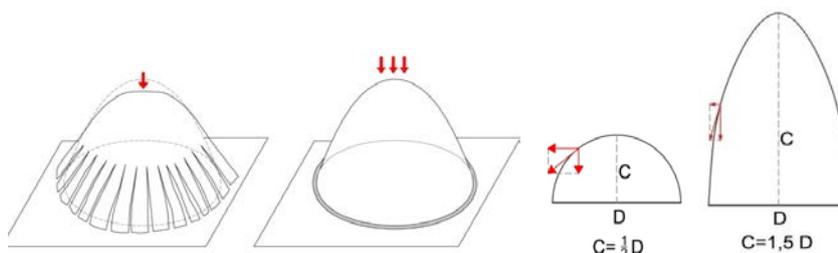


Figura 2. a) deformazione di una cupola in muratura ed incremento di resistenza di una cupola cerchiata; b) entità della componente orizzontale dei carichi in rapporto al profilo della curva.

Dopo aver esaminato come i singoli elementi costruttivi di un organismo a tholos, così come la loro peculiare curvatura, contribuiscano alla stabilità globale, è stato possibile utilizzare le conoscenze acquisite per chiarire le origini e la conformazione di un caso studio, costituito da un edificio ridotto a rudere, situato nel sud-est della Sicilia, e denominato “la Favorita”. Il rudere si trova presso il fiume Asinaro, luogo di una famosa battaglia, narrata da Tucidide, fra gli Ateniesi ed i Siracusani nel 413 a. C., a pochi metri di distanza dal percorso di fondovalle che conduce al promontorio dell’Alveria, (Fianchino, Sciuto [6]). Le rovine dell’edificio, a pianta circolare interna e quadrata esterna, comprendono il paramento esterno in blocchi lapidei squadrati, e il paramento interno da cui spiccano i tre filari orizzontali in aggetto rimasti. Il riempimento fra i due paramenti è in pietrame minuto. L’ipotesi più comunemente accettata dagli archeologi che si sono occupati della Favorita (P.Orsi [7], G. Agnello [8], Trapani – Tomasello [9]) è la collocazione del monumento tra gli edifici di culto Bizantini a pianta centrica sul modello a Trigona, di cui sono presenti molti esempi nel sud-est della Sicilia. Il riesame del rilievo geometrico e degli elementi costruttivi del rudere (nella versione fornita da Trapani-Tomasello), ed il confronto con edifici bizantini a trigona, ha permesso di individuare numerosi elementi di sostanziale diversità fra i due organismi. In particolar modo il confronto viene effettuato con la vicina trigona di Cittadella presso Vendicari, sulla base del rilievo di G. Margani [10]. Le Trigone sono edifici a pianta centrale su base quadrata circondate su tre lati da nicchie semicircolari. Sono coperte da cupole emisferiche a base circolare. Il raccordo tra quadrato e circonferenza è costituito da archetti angolari. Esse sono sostanzialmente basate sul principio dell’arco sia in pianta che in elevazione (Fig. 3a). Il procedimento costruttivo della cupola è misto: i primi sei filari sono a conci in aggetto mentre gli altri al di sopra sono a conci contrastanti ad arco. Anche la Favorita è a pianta centrale su base quadrata esterna e circolare interna da cui spicca la copertura a cupola, con iniziali conci in aggetto. Tuttavia il raccordo tra quadrato e circonferenza non esiste bensì sono realizzati due paramenti murari, uno quadrato esterno, ed uno circolare interno. L’esame dei resti del monumento non fa vedere alcuna applicazione del principio dell’arco (Fig. 3b). La presenza delle semicupole ai lati è fondamentale per l’assetto statico delle trigone, infatti la cupola emisferica con tecnica mista genera una spinta orizzontale alla quale si contrappongono attivamente con una contospinta le semicupole ai lati. Queste modalità costruttive sono tipicamente romane e bizantine. Ben diversa la conformazione costruttiva del rudere della cosiddetta Favorita, che non presenta elementi capaci di esercitare delle contospinte. Le differenze fra il rudere della Favorita e le trigone sono presenti anche in alzato. Le trigone presentano un piedritto verticale ed i primi conci in aggetto di raccordo con l’arco hanno una pendenza molto elevata. Al contrario analizzando la sezione verticale della Favorita si noterà che l’inclinazione verso l’interno del muro basamentale inizia già dal suolo per aumentare in modo graduale nei tre filari superstiti della cupola, secondo un procedimento che è tipico delle costruzioni a tholos.

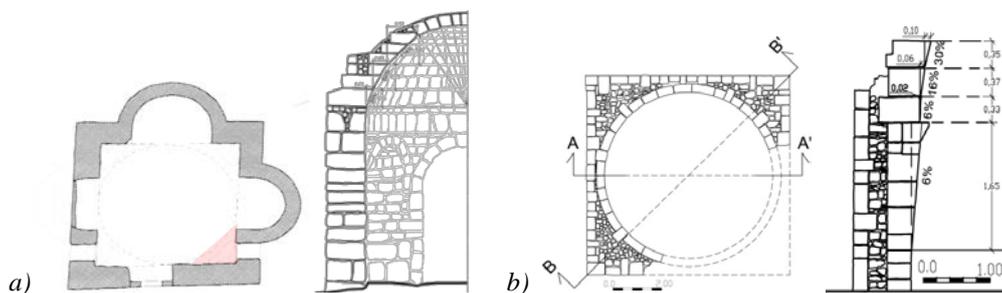


Figura 3. a) pianta e sezione della “trigona di cittadella”; b) pianta e sezione della “favorita” di Noto.

Queste osservazioni di carattere geometrico vengono supportate da considerazioni statiche. La verifica statica del piedritto semplice di una trigona, senza considerare la contropinta delle semicupole laterali, non risulta soddisfatta (Fig. 4a) e mette in evidenza che tali contropinte sono essenziali per l’equilibrio (Fig. 4b).

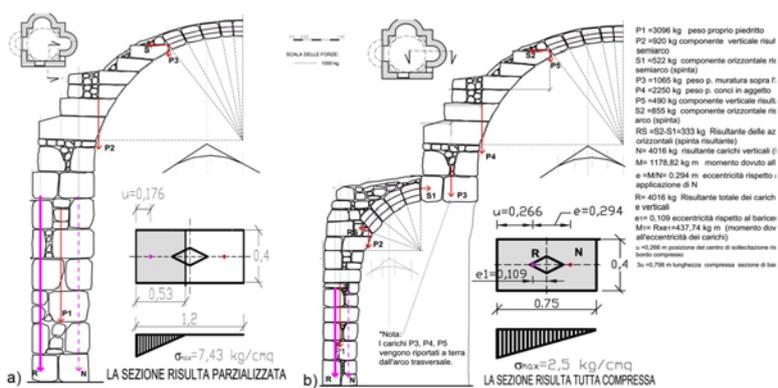


Figura 4. a) Verifiche statiche di una trigona senza contropinte; b) con contropinte delle semicupole.

4. RISULTATI

La lettura critica dei dati raccolti ha permesso di formulare una nuova ipotesi di completamento dei ruderi della Favorita basata su evidenze geometriche e su considerazioni statiche. La nuova ipotesi rispetta le regole geometriche osservate negli edifici a tholos sopraterre (altezza interna della tholos corrispondente all’altezza del triangolo equilatero iscritto nella sezione diagonale di base) come si vede in Fig. 5. Secondo questa ipotesi i ruderi non sarebbero i resti di una trigona bizantina ma di una più antica tholos greca.

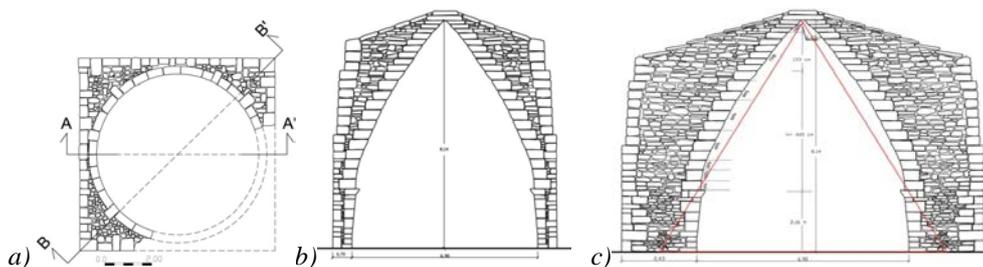


Figura 5. a) planimetria dei ruderi della favorita; b) ipotesi di ricostruzione a tholos: sez. A-A'; c) sez. B-B'.

Tale ipotesi è anche coerente con l'analisi statica. Questa mette in luce che la stabilità dell'organismo architettonico non riguarda le resistenze ma l'equilibrio: nonostante le azioni orizzontali e verticali, dovute al peso dei materiali, siano maggiori nell'ipotesi a tholos piuttosto che nell'ipotesi a cupola emisferica, i baricentri delle masse sono disposti in modo tale da consentire che la risultante di tutti i carichi sia interna al nocciolo di inerzia, e quasi baricentrica, con sezione di base tutta reagente (Fig. 6a). Invece l'ipotesi di completamento a cupola emisferica, non risulta in equilibrio ed ha sezione di base parzializzata (Fig. 6b).

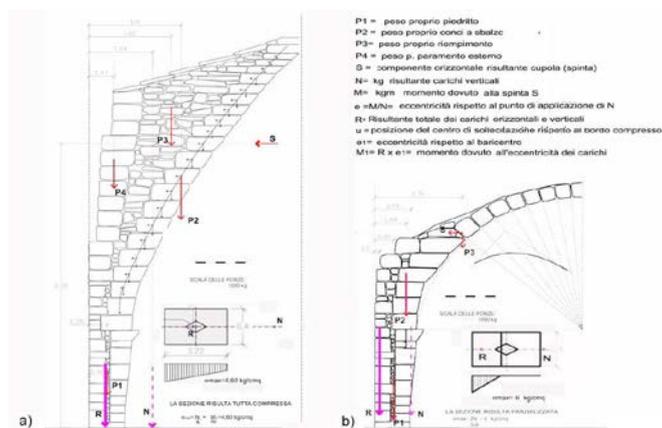


Figura 6. Verifiche statiche delle ipotesi di ricostruzione della "Favorita": a tholos (a); con cupola emisferica (b).

5. CONCLUSIONI

In questo contributo è stata evidenziata la metodologia che porta a definire l'identità di un monumento antico a partire dalla conoscenza delle sue caratteristiche geometriche, costruttive, statiche. Lo studio delle caratteristiche degli organismi a tholoi, lungi dall'essere un esercizio puramente intellettuale e speculativo, ha portato a formulare un'ipotesi di completamento nel caso concreto dei ruderi della "Favorita" di Noto. La metodologia, basata sulla lettura critica delle caratteristiche geometriche, statiche e dei principi di lavorazione, ed applicata in questo caso ad organismi a tholoi, può essere impiegata nello studio di qualunque organismo architettonico al fine di preservarne l'identità storica, garantirne la conservazione e perpetuare il messaggio della intelligenza costruttiva delle antiche maestranze.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] R. Sparacio, "La scienza ed i tempi del costruire", UTET, Napoli, 1999.
- [2] R. Santillo, "Le cupole a secco. Contributi per una diversa conoscenza delle tombe a "tholos", Edilizia Militare 17 – 18, 1986.
- [3] F. Laner, "ACCABADORA Tecnologia delle costruzioni Nuragiche", Franco Angeli, Milano, 1999.
- [4] C. M. T. Como, "Aspetti costruttivi e statici delle tholoi micenee", in Seminario Internazionale "Teoria e pratica del costruire: saperi, strumenti, modelli", Ravenna 27-29 ottobre 2005, Edizioni Moderna, 2005.
- [5] M. Como, "Statica delle costruzioni storiche in muratura Archi, Volte, Cupole", ARACNE editrice, Roma, 2010.
- [6] C. Fianchino, G. Sciuto, "I percorsi della naturalità nel sud-est della Sicilia" SSP Siracusana, in CdS.
- [7] P. Orsi, "Noto. Rettifica monumentale", NSA, 1893.
- [8] G. Agnello, "L'Architettura Bizantina in Sicilia", la Nuova Italia Editrice, Firenze, 1952.
- [9] GF. Trapani, "La Favorita presso Noto. Contributo per lo studio degli edifici a Cupola nella Sicilia sud-orientale", Tesi di laurea in Lettere e Filosofia, a.a. 1998-99, relatore prof. F. Tomasello, Università degli studi di Catania.
- [10] G. Margani, "Celle Tricore, Edifici a pianta trilobata nella tradizione costruttiva siciliana" DAU Documenti 28, Editrice Il Lunario, Enna, 2005.