

PREGLED HISTORIJSKIH METODA TEMELJENJA

SURVEY OF HISTORIC FOUNDATION ENGINEERING

Salko KULUKČIJA
Mustafa HUMO

Jedan od važnijih elemenata prilikom kategorizacije objekata kulturno-historijskog naslijeđa jeste ocjena njihove izvornosti. Temelji su često jedini materijalni ostatak objekta in situ i kao takvi pridonose ukupnoj ocjeni izvornosti objekta. Zbog toga prilikom rekonstrukcije takvih objekata treba obratiti posebnu pažnju na pravilnu ocjenu stanja postojeće temeljne konstrukcije. Literatura o historijskim temeljnim konstrukcijama je, u poređenju sa drugim konstruktivnim elementima, vrlo oskudna, tako da konstruktori često uopće ne poznaju ove konstrukcije. U radu je dat pregled detaljnih istraživanja temelja deset objekata kulturno-historijskog naslijeđa u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: historijski temelji, zidane konstrukcije, geomehanička istraživanja.



Evaluating the authenticity of cultural heritage buildings is one of the most important aspects of their categorization. Foundations are often the only part of the building to survive in situ, and thus contribute to the overall evaluation of its authenticity. When reconstructing such buildings, therefore, particular attention should be paid to the proper assessment of the state of the surviving foundations. The literature on historic foundation engineering is very sparse compared with that dealing with other structural elements, so that civil engineers are seldom familiar with foundation engineering. This paper provides an account of the detailed research conducted on the foundations of ten cultural heritage properties in Bosnia and Herzegovina.

Key words: historic foundations, masonry structures, geomechanical research.

UVOD

Prilikom rekonstrukcije objekata kulturno-historijskog naslijeđa, često se susrećemo sa pitanjem stanja i tretmana postojećih historijskih temelja. Većina predmetnih objekata je, nažalost, u proteklom ratu doživjela totalnu destrukciju ili značajno oštećenje nadzemnog dijela, tako da je izvorna konstrukcija temelja očuvana ukoliko na lokalitetu tih objekata nije izgrađen novi objekat. Isto tako je kod historijskih objekata kod kojih se mijenja namjena ili kod inženjerskih objekata kao što su zidani mostovi kod kojih su se vremenom povećala opterećenja potrebno izvršiti analizu nosivosti i stanja postojećih temelja i temeljnog tla, kao i analizu građenja temelja kroz historiju. Ovdje se postavlja pitanje da li historijska konstrukcija temelja i njihovo sadašnje stanje može preuzeti prethodna ili povećana opterećenja.

Nasuprot novogradnji, pokazuju se sljedeće posebnosti:

- osim uobičajnih zahtjeva u pogledu nosivosti, poseban zahtjev se postavlja u pogledu očuvanja graditeljskog naslijeđa. Ovaj dopunski zahtjev je različito definiran od objekta do objekta;

- historijske konstrukcije temelja su u odnosu na moderne potpuno drugačije modelirane. Osnovne razlike su u materijalima i konstruktorskom konceptu.

Jedan od važnijih elemenata prilikom kategorizacije objekata kulturno-historijskog naslijeđa jeste ocjena njihove izvornosti. Kako su temelji često jedini materijalni ostatak objekta *in situ*, oni kao takvi pridonose ukupnoj izvornosti objekta. Zbog toga, prilikom rekonstrukcije takvih objekata, treba obratiti posebnu pažnju na pravilnu ocjenu stanja postojeće temeljne konstrukcije kako kapacitet nosivosti ne bi bio nepravedno potcijenjen, odnosno da ne bi bile poduzete neoptimalne mjere sanacije. S druge strane, ako se utvrdi da su mjere sanacije temeljne konstrukcije neophodne da bi se očuvao ili rekonstruirao objekat kulturno-historijskog naslijeđa i ako se pravilno optimiraju, za takve mjere se može kazati da se njima više čuva cjelovitost i izvornost objekta nego što se narušava¹.

1) Hadžimuhamedović 115-171.

INTRODUCTION

It is quite usual when reconstructing cultural heritage buildings to be faced with the issue of the condition and treatment of the surviving historic foundations. Most such properties were razed to the ground or badly damaged, leaving only the original foundations still extant, unless a new property has been built on the site. In the case of historic properties where there has been a change of use, or structures such as masonry bridges where the load has increased over the years, an analysis of the bearing capacity and condition of the extant foundations and foundation soil is required, as well as an analysis of foundation engineering through the centuries. This raises the question whether the historic structure of the foundations and their present condition have the capacity to bear their previous or an increased load.

By comparison with modern structures, the following distinct features need to be addressed:

- in addition to the usual requirements in regard to bearing capacity, there is the particular need to preserve the built heritage. This additional requirement differs from building to building;

- historic foundation engineering is entirely different from the modern approach in both materials and structural concept.

Evaluating the authenticity of cultural heritage buildings is one of the most important aspects of their categorization. Foundations are often the only part of the building to survive *in situ*, and thus contribute to the overall evaluation of its authenticity. When reconstructing such buildings, therefore, particular attention should be paid to the proper assessment of the state of the surviving foundations, to ensure that their bearing capacity is not wrongly assessed and that the remedial measures applied are no less than optimal. If on the other hand it is found that remedial works on the foundation structure are needed to preserve or reconstruct a cultural heritage building, and if such works are properly carried out, they can do more to preserve the integrity and authenticity of the building than to impair them.¹

1) Hadžimuhamedović 115-171.

Pod historijskim konstrukcijama temelja možemo smatrati temelje nastale kroz stoljeća do početka XX stoljeća, kada se razvija nauka o mehanici tla i stijena, počinje gradnja armirano-betonskih konstrukcija, koje sve više potiskuju zidane konstrukcije, te dolazi do razvoja građevinske mehanizacije. Zahvaljujući ovom razvoju, vrlo brzo su stare konstrukcije temelja, koje su se koristile više stoljeća, jednim dijelom nestale, odnosno prestale da se koriste, a drugim dijelom su prerasle u nove sisteme temelja. Međutim, ovo ne znači da postojeće historijske konstrukcije temelja nisu još uvijek upotrebljive.

PODACI O OBJEKTIMA I ISTRAŽENIM TEMELJIMA

Projekti rekonstrukcije i rehabilitacije objekata koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem su rađeni u periodu od 1996. godine do danas. Većina ovih objekata je uspješno obnovljena ili je obnova u toku, dok se za pojedine objekte još uvijek traže finansijska sredstva. Rad obuhvata opis deset detaljnije istraženih objekata čiji pregled je dat u *tabeli 1*. Svi opisani objekti potječu iz osmanskog perioda. U radu su pored saznanja sa ovdje navedenih objekata korištena i saznanja iz strane literature i sa drugih istraženih objekata koji ovdje nisu pobliže opisani. (*tabele 1 i 2*)



Sl. 1 - PDŽS, ostaci drvenog roštilja ispod temelja munare (Projekat rehabilitacije „Podgradska džamija u Stocu“)

Illus 1 - PMS, remains of timber grille below the foundations of the minaret (Rehabilitation project for the Podgradska mosque in Stolac)

The term “historic foundations” is taken to mean foundations predating the early 20th century, when the science of soil and rock mechanics evolved, the use of reinforced concrete structures began increasingly to displace masonry construction, and construction became more and more mechanized. These changes mean that the old foundation engineering methods that had been used for many centuries ceased in part to be used and in part evolved into new systems of foundation engineering. This does not mean, however, that surviving historic foundations are not still fit for purpose.

DETAILS OF THE BUILDINGS AND FOUNDATIONS STUDIED

The reconstruction and rehabilitation projects for the properties covered by these studies have all been designed since 1996. Most of the properties have been successfully reconstructed or renovated, or are in the process of reconstruction/renovation, though funds are still being sought for some of them. This paper describes ten detailed studies of the properties set out in *Table 1*. All date from the Ottoman period. In addition to the findings of the studies on the properties, information provided in relevant reference works and findings from other properties studied but not described in detail here have been used. (*Tables 1 and 2*)



Sl. 2 - PDŽS, ostaci drvenog roštilja, uvećano (Projekat rehabilitacije „Podgradska džamija u Stocu“)

Illus 2 - PMS, remains of timber grille, enlarged (Rehabilitation project for the Podgradska mosque in Stolac)

Tabela 1 - Pregled objekata graditeljskog naslijeđa obuhvaćenih istraživanjem

	Objekat	oznaka	Objekat sagrađen	Objekat porušen	Projekat izrađen	Objekat obnovljen
1.	Nezir-agina džamija u Mostaru	NDžM	1550	1950	1998/99	1999
2.	Hadži-Alijina džamija u Počitelju	DžP	1562/63	1993	2001/02	2002/03
3.	Džamija u Šenkovićima	DžŠ	16xx	)¹	2008	-
4.	Podgradska džamija u Stocu (<i>slike 1 i 2</i>)	PDžS	1732/33	1993	2004/05	2007/08
5.	Čuprijska džamija u Stocu (<i>slike 3 i 4</i>)	ČDžS	1376	1993	2005/06	2007/08
6.	Džamija Ali-paše Rizvanbegovića na Buni	DžB	1848/49	1993	2008/08	2008
7.	Azizija džamija u Brezovom Polju kod Brčkog (<i>slike 5 i 6</i>)	ADžBP	1862	1992	2004/05	u toku
8.	Stari most u Konjicu (<i>slike 7 i 8</i>)	SMK	1682/83	1945	2004/05	u toku
9.	Most preko Neretve u Glavatičevu	MpNG	15xx	)²	-	-
10.	Most Mehmed-paše Sokolovića u Višegradu (<i>slika 10</i>)	MMSV	1571/77	)³	u toku	-

1) Objekat je dotrajavao i nalazi se u ruševnom stanju

2) Temelji objekta su ugroženi zbog česte promjene vodostaja

3) Ibidem

Table 1 - Built heritage properties covered by the study

	Building	Abbrev.	Date built	Date destroyed/ demolished	Project designed	Building reconstructed
1.	Nezir-aga mosque, Mostar	NMM	1550	1950	1998/99	1999
2.	Hajji Alija mosque, Počitelj	HAP	1562/63	1993	2001/02	2002/03
3.	Mosque in Šenkovići	MS	16xx	)¹	2008	-
4.	Podgradska mosque, Stolac (<i>illus. 1 and 2</i>)	PMS	1732/33	1993	2004/05	2007/08
5.	Čuprijska mosque, Stolac (<i>illus. 3 and 4</i>)	ČMS	1376	1993	2005/06	2007/08
6.	Ali pasha Rizvanbegović mosque on Buna	ARB	1848/49	1993	2008/08	2008
7.	Azizija mosque, Bregovo polje, Brčko (<i>illus. 5 and 6</i>)	AMBP	1862	1992	2004/05	under way
8.	Old bridge, Konjic (<i>illus. 7 and 8</i>)	OBK	682/83	1945	2004/05	under way
9.	Bridge over Neretva, Glavatičevo	BNG	15xx	)²	-	-
10.	Mehmed pasha Sokolović bridge, Višegrad (<i>illus. 10</i>)	MPSV	1571/77	)³	under way	-

1) The building is dilapidated and in a ruinous state

2) The foundations of the property are endangered by frequent changes in water level

3) Ditto.

Tabela 2 - Pregled vrsta i stanja temelja

oznaka objekta/temelja		zidani temelji		Vrsta zida	Stanje temelja	Vrsta tla
		bez upotrebe drveta	sa upotrebom drveta			
NDžM	Temelji zidova	x		GBK	Z	Stijenski masiv
	Temelji munare	x		FBK	Z	
DžP	Temelji zidova	x		GBK	Z	Stijenski masiv
	Temelji munare	x		FBK	Z	
DžŠ	Temelji zidova	x		GBK	Z	Siva glina
PDžS	Temelji zidova	x		GBK	Z	Pjeskovita ilovača
	Temelji munare		x	VZK	NZ	
ĆDžS	Temelji zidova	x		GBK	Z	Aluvijalni nanos
	Temelji munare		x	FBK	NZ	
DžB	Temelji zidova	x		GBK	NZ	Aluvijalni nanos
	Temelji munare	x		FBK	NZ	
ADžBP	Temelji zidova	x		VZP	DZ	Smeđa pjeskovita ilovača
	Temelji munare	x		VZK	DZ	
SMK	Temelji stupova		x	FBK	DZ	Stijenski masiv
MpNG	Temelji stupova		x	FBK	DZ	Stijenski masiv
MMSV	Temelji stupova		x	FBK	DZ	Stijenski masiv Aluvijalni nanos

GBK - grubo obrađeni blokovi krečnjaka u krečnom malteru

FBK - fino obrađeni blokovi krečnjaka u krečnom malteru, mjestimično povezani željeznim klampama i zaliveni olovom

VZK - višeslojni zid, svana fino obrađeni kamen krečnjak, unutra kameni nabačaj u krečnom malteru

VZP - višeslojni zid, svana grubo obrađeni kamen pješčar, unutra kameni nabačaj u krečnom malteru

Z - zadovoljavajuće

DZ - djelomično zadovoljavajuće

NZ - nije zadovoljavajuće



Sl. 3 - ĆDžS, ostaci drvenog roštilja ispod temelja munare (Projekat rehabilitacije „Ćuprijska džamija u Stocu“)

Illus. 3 - ĆMS, remains of timber grille below the foundations of the minaret (Rehabilitation project for the Ćuprijska mosque in Stolac)



Sl. 4 - ĆDžS, ostaci drvenog roštilja, uvećano (Projekat rehabilitacije „Ćuprijska džamija u Stocu“)

Illus. 4 - ĆMS, remains of timber grille, enlarged (Rehabilitation project for the Ćuprijska mosque in Stolac)

Table 2 - Type and condition of foundations

Building/ structure and foundations		Masonry foundations		Type of wall	State of foundations	Type of soil
		No use of timber	Use of timber			
NMM	wall foundations	x		QLL	S	bedrock
	minaret foundations	x		ALL	S	
HAP	wall foundations	x		QLL	S	bedrock
	minaret foundations	x		ALL	S	
MS	wall foundations	x		QLL	S	grey clay
PMS	wall foundations	x		QLL	S	sandy clay
	minaret foundations		x	CWL	U	
ĆMS	wall foundations	x		QLL	S	alluvial deposit
	minaret foundations		x	ALL	U	
ARB	wall foundations	x		QLL	U	alluvial deposit
	minaret foundations	x		ALL	U	
AMBP	wall foundations	x		CWL	PS	brown sandy clay
	minaret foundations	x		CWS	PS	
OBK	pier footings		x	ALL	PS	bedrock
BNG	pier footings		x	ALL	PS	bedrock
MPSV	pier footings		x	ALL	PS	bedrock alluvial deposit

QLL - Quarry faced limestone blocks in lime mortar

ALL - Ashlar limestone blocks in lime mortar, with in some places iron cramps sealed with lead

CWL - Composite wall, ashlar limestone blocks with infill of stone in lime mortar

CWS - Composite wall, quarry faced sandstone with infill of stone in lime mortar

S - Satisfactory

PS - Partly satisfactory

U - Unsatisfactory



Sl. 5 - ADŽBP, trakasti temelji na jugoistočnoj strani (Projekat rehabilitacije „Azizija džamija u Brezovom Polju“)

Illus. 5 - AMBP, strip footings, south-east side (Rehabilitation project for the Azizija mosque in Brezovo Polje)



Sl. 6 - ADŽBP, ostaci temelja munare (Projekat rehabilitacije „Azizija džamija u Brezovom Polju“)

Illus. 6 - AMBP, remains of minaret foundations (Rehabilitation project for the Azizija mosque in Brezovo Polje)

PREGLED HISTORIJSKIH METODA TEMELJENJA

U sljedećem pregledu je nastojano različite metode temeljenja razvrstati prema korištenim građevinskim materijalima i nosivim sistemima u tlu i to sa gledišta današnjeg građevinskog inženjera. Pri tom je manje važno tačno historijsko i geografsko razvrstavanje – ovo je više zadatak istraživanja historije građenja. Osim vlastitih zapažanja na istraženim objektima, korištena je strana literatura, gdje se posebno ističe rad Goldscheidera².

Historijske temelje možemo podijeliti u dvije osnovne skupine:

- temeljne konstrukcije od kamena bez upotrebe drveta i
- temeljne konstrukcije od kamena sa upotrebom drveta.

U tabeli 3. je data podjela temeljnih konstrukcija od kamena bez upotrebe drveta, bazirano na podjeli zidanih konstrukcija od prirodnog kamena prema DIN-u 1053-1³.

U literaturi se navodi da su u slučaju nedo-

2) Goldscheider, Eckert 319.

3) *DIN 1053-1: Mauerwerk-Berechnung und Ausführung* (Zidane konstrukcije- proračun i izvođenje) 40.



Sl. 7 - SMK, podvodni snimak stanja drvenog roštilja (Projekat istražnih radova i izvođenje istražnih radova „Stari most u Konjicu“)

Illus 7 - OBK, underwater view of condition of timber grille (Project for investigative works and execution of investigative works on the old bridge in Konjic)

OVERVIEW OF HISTORIC FOUNDATION ENGINEERING

The following is an attempt to classify various foundation systems by type of building material and below-ground bearing systems, from the perspective of a contemporary civil engineer. The exact historical and geographical classification is of lesser importance – rather, this is to do with the study of the history of construction. In addition to our own observations on the properties studied, we have used foreign reference works, of which that of Goldscheider is of particular relevance.²

2) Goldscheider M., Eckert H. 319.



Sl. 8 - SMK, podvodni snimak stanja drvenog roštilja, uvećano (Projekat istražnih radova i izvođenje istražnih radova „Stari most u Konjicu“)

Illus. 8 - OBK, underwater view of state of timber grille, enlarged (Project for investigative works and execution of investigative works on the old bridge in Konjic)

Tabela 3 - Podjela temeljnih konstrukcija od kamena bez upotrebe drveta

prema stepenu obrade kamena	u zavisnosti od vrste veziva	prema načinu zidanja i stepenu obrade spojnica
- zide od neobrađenog kamena, - zide od grubo obrađenog kamena, - zide od fino obrađenog kamena.	- zide bez veziva (suhozidine) - zide sa krečnim malterom, - zide sa pucolanskim malterima.	- kiklopsko zide, - zide od lomljenog kamena, - slojevito zide od tesanog kamena, - nepravilano slojevito zide, - pravilano slojevito zide, - zide od fino obrađenih kvadratnih blokova.

Table 3 - Classification of stone foundation construction without the use of timber, by treatment of stone, type of binder, and style of masonry and type of joints.

treatment of stone	type of binder	style of masonry and type of joints
- rubble stone - quarry faced - ashlar	- none (dry walling) - lime mortar - pozzolan mortar	- cyclopean wall - rubble stone wall - coursed hewn stone wall - random coursed wall - coursed masonry wall - ashlar block wall

voljno nosivog tla ispod nivoa podzemne vode sve do početka XX stoljeća građene temeljne konstrukcije koje su se svojim velikim dijelom sastojale od drveta. One vode svoje porijeklo još iz kamenog doba. Još od rimskih antičkih vremena korištene su za teške objekte od kamena. Temeljne konstrukcije sa upotrebom drveta pronašli smo u temeljima munara dviju stolačkih džamija (Podgradske, *slike 1 i 2*, i Ćuprijske, *slike 3 i 4*). Temelje sa upotrebom drveta možemo naći i na Starom mostu u Konjicu (*slike 7 i 8*), kao i na mostu preko Drine u Višegradu (*slika 10*) i preko Neretve u Glavatičevu. Ovakve konstrukcije izvođene su još početkom XX stoljeća, dok konačno nisu potisnute armirano-betonskim konstrukcijama.

S obzirom na funkciju, razlikujemo nekoliko načina izgradnje temeljnih konstrukcija od kamena sa upotrebom drveta:

- temeljenje na zbijenom drvenom roštilju,
- temeljenje na raširenom drvenom roštilju,
- temeljne konstrukcije sa kratkim šipovima,
- kombinirano temeljenje na drvenom roštilju i gusto raspoređenim šipovima (*slika 9*) i
- temeljenje na drvenim šipovima.

Historic foundations may be divided into two basic groups:

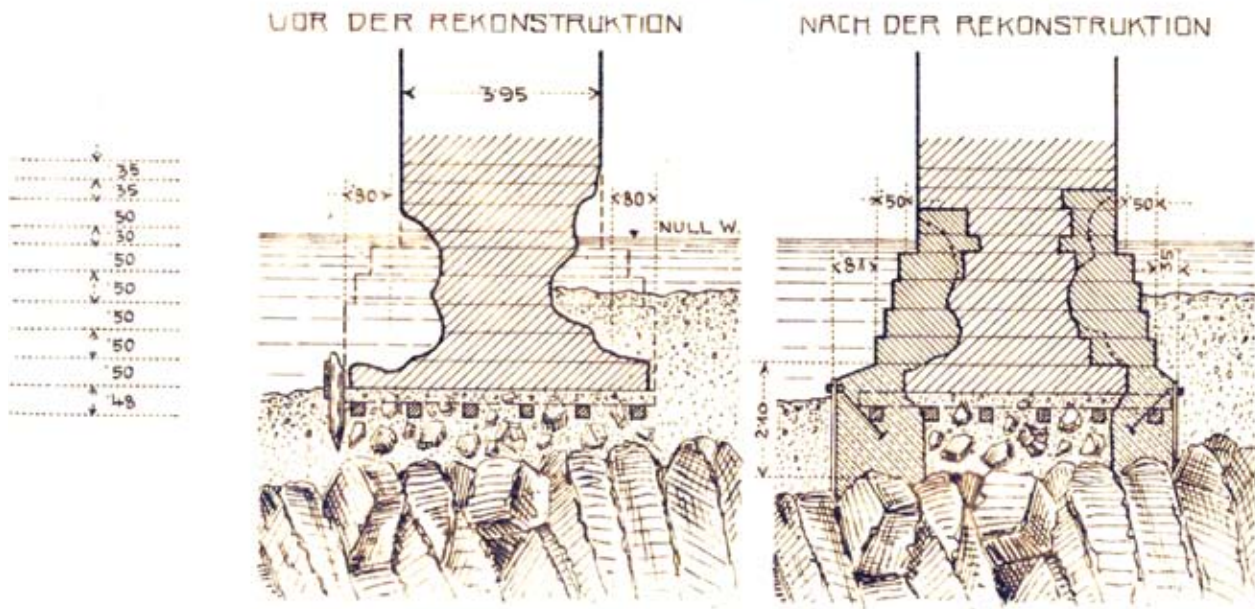
- foundations constructed of stone without the use of timber, and
- foundations conducted of stone with the use of timber.

Table 3 sets out a classification of foundations constructed of stone without the use of timber based on the classification of natural stone masonry structures in line with DIN 1053-1.³

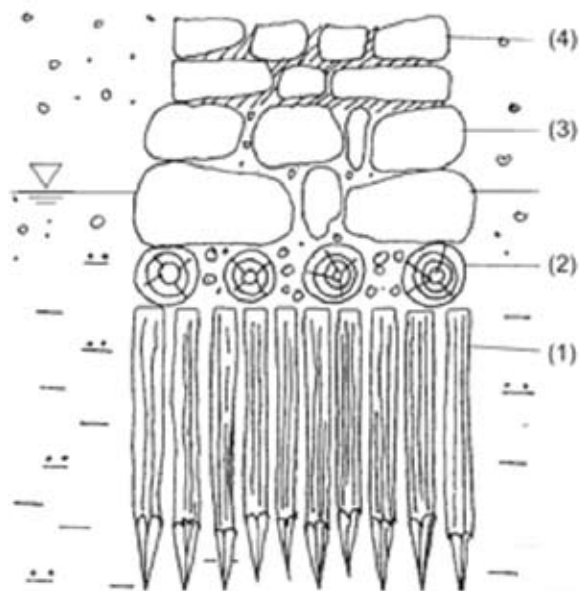
Reference works note that until the early 20th century, if the soil below the water-table was not of adequate bearing capacity, foundations were built consisting largely of timber. These date back to Palaeolithic times, and were being used in ancient Rome for substantial stone-built structures.

3) *DIN 1053-1: Mauerwerk-Berechnung und Ausführung*, Berlin, 1996: 40. Translator's note: the German original of DIN 1053-1 has not been provided, so that the terms used in Table 3 have been translated from the Bosnian and may not correspond exactly to the terms used in the German.

SCHNITT G-H



Sl. 10 - MMSV, snimak stanja temelja ispod IV stupa iz 1908. godine - primjer temeljenja sa raširenim drvenim roštiljem
 Illus. 10 - MPSV, condition of foundations below pier IV in 1908 – an example of foundations with an open wooden grille.



Sl. 9 - Kombinirano temeljenje na gusto raspoređenim šipovima i roštilju od drvenih pragova, jednostavna srednjovjekovna metoda izgradnje (Goldscheider M., Eckert H. 319)
 Illus. 9 - Combined foundations on close-set piles and a grille of timber sleepers, a simple mediaeval construction method (Goldscheider M., Eckert H. 319.)

Foundations built partly of timber were found to have been used for the minarets of two mosques in Stolac (the Podgradska, *illus. 1 and 2*, and Ćuprijska, *illus. 3 and 4*, mosques). Foundations built partly of timber are also to be found in the case of the old bridge in Konjic (*illus. 7 and 8*), the bridge over the Drina in Višegrad (*illus. 10*) and the bridge over the Neretva in Glavatičevo. This type of construction was still being used in the early 20th century, until finally displaced by reinforced concrete constructions.

A number of different types of stone foundations with the use of timber can be identified in terms of function:

- foundations on a close-set wooden grille
- foundations on an open wooden grille
- foundations on short piles
- combined foundations on a wooden grille and close-set piles (*illus. 9*)
- foundations on wooden piles.

GEOMEHANIČKA ISTRAŽIVANJA I RAZLIKE IZMEĐU PONAŠANJA TLA POD STAROM I NOVOM GRAĐEVINOM

Cilj geomehaničkih istraživanja je da se osiguraju neophodni podaci za proračun nosivosti tla. Vrsta i obim tih istraživanja zavise od vrste objekta, vrste tla i uslova temeljenja kao i postupka gradnje. U svakoj seriji laboratorijskih ispitivanja u svrhu procjene građevinskog tla u pravilu se prvo provode određena ispitivanja čija je svrha obilježavanje i opisivanje tla: raspored i veličina čestica, granice konzistencije, sadržaj kreča, sadržaj organskih dijelova i drugo. U pogledu tih, takozvanih, klasifikacijskih ispitivanja ne postoji razlika između novoizgrađenog objekta i historijske građevine. Klasifikacijska ispitivanja su u određenoj mjeri od pomoći prilikom procjene ili su čak neophodna kao dokaz za dati opis i procjenu temeljnog tla. U svakom konkretnom slučaju posebno treba pažljivo odrediti u kojem su omjeru potrebna klasifikacijska istraživanja, jer ona ne ulaze eksplicitno ni u jedan proračun nosivosti.

Glavna razlika između ponašanja tla pod starom građevinom i pod novoizgrađenim objektom, te između geomehaničkih ispitivanja koja je potrebno provesti, proizlazi iz sljedeće okolnosti na koju je potrebno obratiti pažnju tokom procjene nosivosti tla: u slučaju gradnje nove građevine, tlo koje je prvobitno bilo slabo opterećeno sada se izlaže velikom dodatnom opterećenju i to često po prvi put. Time se rahlo, nekohezivno, odnosno mehko ili kašasto kohezivno tlo jako deformira. U mehkom ili kašastom, vodom zasićenom tlu vanjska nosivost temelja na početku je mala i postepeno se povećava u toku primarne konsolidacije. Zbog toga se takvo tlo danas u pravilu ocjenjuje kao neprimjereno za plitko temeljenje. Pored potrebne sigurnosti od loma tla, prilikom određivanja dimenzija temelja za novu građevinu potrebno je ograničiti početna i primarna slijeganja. Tabelaarne vrijednosti dopuštenog opterećenja tla koje se mogu naći u literaturi za različite vrste tla i dimenzije temelja su usklađene sa ova dva zahtjeva (u DIN-u 1054 u prilogu A su date takve tabelaarne vrijednosti i navedeni su uslovi primjene).

GEOMECHANICAL SURVEY AND DIFFERENCES IN SOIL BEHAVIOUR BETWEEN OLD AND NEW CONSTRUCTION

The purpose of a geomechanical survey is to obtain the data required to compute the bearing capacity of the soil. The type and extent of such surveys depends on the type of structure, the type of soil and the circumstances in which the foundations were laid, as well as the building method applied. As a rule, specific tests are conducted in each set of laboratory studies designed to assess the building ground, in order to record and describe the soil: particle density and size, consistency limits, lime content, organic content and so on. There is no difference between a newly-built property and a historic one as regards these classification tests. Such tests may be of some help in the assessment, or even essential as proof of the description and assessment of the foundation ground. It is important in each specific case to consider how far classification tests are necessary, since they do not form an explicit component of any computation of bearing capacity.

The principal difference in soil behaviour beneath old structures and new, and between the geomechanical tests that need to be carried out, derive from a specific factor that must be taken into consideration when assessing soil bearing capacity. In the case of a new building, soil that was originally subject to little or no load is now exposed to massive additional load, often for the first time. Friable, non-cohesive, soft or granular cohesive soil is thus severely deformed. In soft or granular water-saturated soil, the outward bearing capacity of the foundations is initially low, gradually increasing during primary consolidation. As a result, such soils are now regarded as unsuitable for shallow footings. As well as the need to ensure that it is proof against soil breakdown, initial and primary settlement must be taken into account when determining the dimensions of the footings for a new building. The tabular values of permissible soil loads for various types of soil, set out in the literature, take these two requirements into account (DIN 1054, Annex A, sets out these tabular values and gives

Pod starom građevinom isto se tlo više ne deformira ili se još samo vrlo sporo deformira uslijed puzanja tla, sve dok se opterećenje na temelj ne povećava ili samo malo povećava i dok nema drugih novih utjecaja. Zbog završenog procesa konsolidacije, utjecaj slijeganja na proračun dopuštene nosivosti tla prestaje biti mjerodavan. Pitanje je da li je građevinsko tlo prvobitno bilo mehko, kašasto ili čvrsto i da li i danas ukazuje na takvo stanje prilikom laboratorijskih ispitivanja više ne igra ulogu: tlo se pod starom građevinom s nepromijenjenim opterećenjem ponaša kao da je čvrsto – izuzevši puzanje. Prilikom preispitivanja nosivosti temelja neke stare građevine, potrebno je još samo ispitati sigurnost od loma tla. Početna slijeganja odavno su okončana i više nisu relevantna. Goldscheider i Eckert su posebno izučavali ovu problematiku i zaključili su da su zbog gore navedenog tabelarne vrijednosti za dopušteni pritisak tla na spojnici s temeljem prema literature odnosno DIN-u 1054 u nekim slučajevima previše na strani sigurnosti, jer se kod utvrđivanja tih vrijednosti polazilo od toga da tlo nije konsolidirano. Utvrdili su da je to jedan od razloga zbog kojih kod historijskih temelja mogu biti dopuštena veća opterećenja u odnosu na tabelarne vrijednosti koje se mogu naći u literaturi, a koje su uobičajene za nove građevine. Kod starih objekata, samo u slučaju kada dolazi do porasta opterećenja (npr. uslijed promjene namjene, nadogradnje ili sl.) tlo se ponaša kao mehko i treba provjeriti dopuštenu nosivost tla u zavisnosti od dopuštenog slijeganja, kao što je to slučaj prilikom gradnje novih objekata. Određeni zahvati u neposrednoj blizini postojećih temelja ili vibracije mogu također izazvati nova slijeganja. Iz tog razloga, laboratorijskim ispitivanjima, kada je u pitanju historijska građevina, potrebno je odrediti one vrijednosti tla koje opisuju ponašanje tla u stanju kada je ono primarno konsolidirano pod dotadašnjim opterećenjem, te puzanjem, i to ponašanje pod teretom koji ostaje isti, u slučaju kad se ne planiraju nikakva ili se planiraju mala povećanja opterećenja, te pod novim opterećenjem, u slučaju kad se to povećanje planira u procesu promjene namjene objekta. Zbog toga je, u cilju procjene temelja neke historijske građevine, u skladu s karak-

the conditions for their application).

Beneath an old building or structure, the same soil is no longer subject to deformation, or is still being deformed only very slowly as a result of soil creep, as long as the load on the foundations is not increased or increases only slightly, or until other new factors enter the equation. Since the process of consolidation is complete, the impact of settlement on the computation of the permissible bearing capacity of the soil ceases to be decisive. The question of whether the building ground was originally soft, granular or firm, and whether laboratory tests reveal it to be such, is no longer relevant: the soil beneath an old structure with unaltered load behaves as though it is solid, with the exception of creep. When examining the bearing capacity of the foundations of some old buildings, all that is needed is to test whether it is proof against soil breakdown. Initial settlement is long over, and is no longer relevant. Goldscheider and Eckert [5] have studied this question in detail, and concluded that, given the tabular values for permissible soil pressure at the junction with the foundations in line with the literature and DIN 1054, in some cases the computation errs on the side of safety, since the values are computed as if the soil was not consolidated. They have found that this is one of the reasons why greater loads may be permissible for historic foundations than those given in the tabular values set out in the literature and commonly applied in the case of new buildings. In the case of old buildings, it is only when there is an increased load (caused, for example, by change of use, extensions to the building, etc.) that the soil behaves as though it were soft, and the permissible bearing capacity of the soil needs to be checked in the light of permissible settlement as in the case of the construction of new buildings. Certain works adjacent to old foundations, or vibrations, may also give rise to further settlement. In the case of a historic building, therefore, laboratory tests are needed to determine the soil values that describe soil behaviour as it was when it had undergone primary consolidation under its original load, as well as creep, identifying its behaviour under unaltered load, if no or only a minor increase in load is planned, and under increased load,

teristikama tla, načinom gradnje i stepenom iskorištenja temelja, te planiranom upotrebom, potrebno laboratorijski odrediti odgovarajuće parametre čvrstoće na smicanje (ugao unutrašnjeg trenja i koheziju). U stručnom timu pored konstruktora-specijaliste za zidane konstrukcije i arhitekta-konzervatora mora biti uključen iskusan geomehaničar koji će na osnovu vrste tla i njegove stišljivosti znati pravilno procijeniti da li treba odrediti parametre tla na dreniranim (c' i φ') ili nedreniranim uzorcima (c_u i φ_u), odnosno da li treba utvrditi efektivne ili totalne napone. Za pojedine veoma složene vrste tla preporučuje se analiza za oba granična slučaja. Na ovaj način se može izbjeći situacija u kojoj bi se postojeće historijske građevine „uništile“ proračunima u kojima se primjenjuju neproverene iskustvene vrijednosti, odnosno vrijednosti iz literature.

ZAKLJUČAK

Često su temelji jedini preostali dio izvornog objekta, stoga, u interesu očuvanja kulturno-historijskog naslijeđa, treba pažljivo i stručno ispitati stanje postojeće temeljne konstrukcije i da li temeljna konstrukcija može biti zadržana i u kojoj mjeri eventualno treba biti sanirana. Preporučuje se da se ispitivanje i izrada projekata povjeri stručnom timu sastavljenom od iskusnih geomehaničara, konstruktora-specijaliste za zidane konstrukcije i arhitekata-konzervatora.

if such increase is planned as part of a change of use for the property. For the assessment of the foundations of a historic building, therefore, in the light of the soil properties, building method and extent of wear of the foundations and of the planned use, laboratory tests are required to determine the appropriate shear resistance parameters (angle of internal friction and cohesion). The team of experts should include not only a specialist in masonry construction and an architect conservator, but also an experienced geomechanical engineer, who will properly assess, on the basis of soil type and compressibility, whether it is necessary to determine the parameters of soil samples for drained strength (c' and φ') and undrained strength (c_u and φ_u), and whether it is necessary to determine effective or total stress. In some very complex types of soil, it is recommended that analyses be conducted for both limit cases. This will make it possible to avoid situations in which a surviving historic building is “ruined” by computations in which untested empirical values taken from reference works are applied.

CONCLUSION

Foundations are often the only part of a historic building to survive, and in the interests of preserving the cultural heritage, therefore, particular attention should be paid to the proper, expert assessment of the state of the surviving foundations and whether they can be retained, as well as the extent to which remedial works may be required. It is recommended that this assessment, and the development of the corresponding project, be entrusted to a team of experts consisting of experienced geomechanical engineers, specialists in masonry construction, and architect conservators.

LITERATURA / BIBLIOGRAPHY:

- DIN 1053-1: Mauerwerk-Berechnung und Ausführung* (Zidane konstrukcije- proračun i izvođenje), Berlin, 1996: 40.
- Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, *Projekat istražnih radova i izvođenje istražnih radova „Stari most u Konjicu“*, 2004/05.
- Goldscheider, M., H. Eckert, *Baugrund und historische Gründungen*, Karlsruhe: Universität Karlsruhe, 2003.
- Hadžimuhamedović, Amra, „Most među ljudima i udaljenim svjetovima“, *Baština/Heritage*, II, Sarajevo: Komisija za očuvanje nacionalnih spomenika, 2006: 115-171.
- Interprojekt Mostar, *Projekat rehabilitacije „Azizija džamija u Brezovom Polju“*, 2004/05.
- Interprojekt Mostar, *Projekat rehabilitacije „Podgradska džamija u Stocu“*, 2004/05.
- Interprojekt Mostar, *Projekat rehabilitacije „Ćuprijska džamija u Stocu“*, 2005/06.
- Kulukčija, Salko, „Analiza historijskih metoda temeljenja“, magistarski rad / master's dissertation, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, 2007.