

## Ethiopian Arch Bridges

Arch bridge is one of the most popular types of bridges, which came into use over 3000 years ago and remained in height of popularity until industrial revolution and invention of advanced materials enabled architect to create other modern bridge designs. However, even today arc bridges remain in use, and with the help of modern materials, their arches can be build on much larger scales.

When we study the world history of Arch bridges we find common report in this regard, which is stated as “*Although true archs were already known by the Etruscans and ancient Greeks, the Romans were the first to fully realize the potential of arches for bridge construction. Roman engineers were the first ones until the industrial revolution to construct bridges with concrete. The oldest existing arch Footbridge is the Mycenaean Arkadiko Bridge in Greece from about 1300 BC. it is one of the oldest arch bridges still in existence and use. In China, the oldest existing arch bridge is the Zhaozhou Bridge of 605 AD.*

The basic principle of arch bridge is its curved design, which does not push load forces straight down, but instead they are conveyed along the curve of the arch to the supports on each end. These supports (called abutments) carry the load of entire bridge and are responsible for holding the arch in the precise position unmoving position. Conveying of forces across the arch is done via central keystone on the top of the arch. Its weight pushes the surrounding rocks down and outward, making entire structure very rigid and strong.



*The Arkadiko Bridge, 1mt clear opening and 22 mt total length,*

When we come to Ethiopian Arch bridges, according to the Bridge Management System database, as a result of the 1st nationwide bridge inventory and inspection conducted in 2006, there are found 560 arch bridges.

## የአርች ድልድይ ባህሪና ስራ

ማይሲና እጅግ ጥንታዊ ከሆኑ የግሪክ ከተሞች አንዱ ስትሆን በደቡብ ግሪክ የምትገኝ የአለም ታሪክ ምርምርና የቱሪስት መናኸሪያ ናት። ይህች ትንሽ ከተማ በአለም ላይ የመጀመሪያ የሆነውን የአርች ድልድይ ይዘለች። አርካዲክ በመባል የሚታወቀውና ከ 3ሺህ አመት በላይ እድሜ ያለው ይህ ድልድይ እስካሁን አገልግሎት በመስጠት ላይ ይገኛል። ለእግረኞች።

የአርች ድልድይ ከድንጋይ፣ ከኮንክሪትም ሆነ ከብረት የሚሰራ ሲሆን የድንጋይ ድልድዮች ስራ ከዘመኑ ስልጣኔና ረጅም ድልድዮችን በድንጋይ ለመስራት ተመራጭና አመቺ ካለመሆኑ ጋር ተያይዞ እየቀረ መጥቷል።

የአርች ድልድይ ግንባታ ጀማሪዎች ግሪኮችና ጣሊያኖች ቢሆኑም ቻይና ግን ከፍተኛ ቁጥር ያላቸው ዘመናዊና ረጅም የአርች ድልድዮችን በመስራት በመሪነት ደረጃ ላይ ትገኛለች። በዚህም መሰረት በአሁኑ ጊዜ በአለም ላይ ካሉት ረጅም 10 የአርች ድልድዮች 7 ያህሉ በቻይና የሚገኙ ናቸው። በቻይና የመጀመሪያው የአርች ድልድይም በ605 ከክልበ መገንባቱ ይታወቃል። የአርች ድልድዮች ግንባታ ከድንጋይ ወደ ኮንክሪትና ብረት ድልድይነት ከመጡበት 17ኛው ክፍለዘመን ጀምሮ በአለም ላይ የተገነቡትን 100 ያህል ረጅም የአርች ድልድዮችን ብንወስድ 60 ከመቶ ያህሉ የብረት 20 ከመቶ በኮንክሪት የተሞሉ የብረት ቱቦና 20 ከመቶ ደግሞ የኮንክሪት ድልድዮች እንደሆኑ እናገኛለን።

በአጠቃላይ የአርች ድልድይ ግንባታ ታሪክ 3300 አመት እድሜ ካስቆጠረውና የውስጥ ስፋቱ 1 ሜትር ከሆነው አርካዲክ የግሪክ ድልድይ ይጀምርና 552 ሜትር እስከሆነው የቻይናው ቻይት-አንሜን ድልድይ ድረስ እንዳደገ እንረዳለን።



*552 mt long steel arch bridge, 2009, China*



*420 mt long Concrete arch bridge, 1997, China*

No. Of Old Masonry Arch bridges By Inventory Year					
It. No.	District / RNMD	2006	2010	2013	Reduced to , %
1	Combolcha	206	188	188	91.3
2	Alemgena	194	116	115	59.3
3	Gonder	47	47	43	91.5
4	Nekempt	34	16	5	14.7
5	Jimma	32	26	25	78.1
6	Adigrat	23	22	22	95.7
7	DebreMarcos	15	12	12	80.0
8	Shashemene	6	5	5	83.3
9	Dire Dawa	3	2	2	66.7
10	Soddo	0	0	0	
<b>Total</b>		<b>560</b>	<b>434</b>	<b>417</b>	<b>74.5</b>

As an outcome of the service assessment conducted then and in consecutive years, almost all these old arch bridges can be considered as deficient. This can be explained by visible deterioration of the bridge body due to Age, Sever defects, location along sharp curves and being susceptible to frequent accident, Lose of bearing capacity, negligence in maintenance plan, over toping, etc

However some of them look good and seem sound, they are at least in need of major structural repair works. But, generally, as they finish the service period that originally anticipated and they can't more sustain the current growing traffic weight and volume, total replacement is recommended.

Year of construction	Amount of Arch bridges constructed
1930`s	317
1940`s	172
1950`s	44
1970-80`s	10* ( all RC )

According to the first nationwide bridge Inventory conducted in 2005/06, there are about 560 arch bridges in the country, most of them are constructed during Italian invasion before 1945. These bridges are serving for more than 7 decades and currently they are not compatible and suitable to the current flow of traffic and cargos as they were not designed to it.

ወደ ሀገራችን የኢትዮጵያ አርች ድልድዮች ስንመጣ ደግሞ ምንም እንኳን የመጀመሪያ ድልድይ ይህ ነው ለማለት ተጨማሪ ዝርዝር ጥናቶችን ማመሳከር ቢያስፈልግም የአርች ድልድዮች ግንባታ በ17ኛው ከዘ በፖርቱጋሎች እንደተጀመረ መናገር ይቻላል። በተለይም የአርች ድልድዮች እጅግ በብዛት የተሰሩት በአምስቱ አመት የኢጣሊያ ወረራ ዘመን ሲሆን ከ1940ዎቹ በሁለት እስከ 1980 አጋማሽ የኮንክሪት ድልድዮች ተገንብተዋል። የአባይን የአዋሽንና በወረታ ወልዲያ መንገድ በቻይና የተገነቡትን መጥቀስ ይቻላል።

በሰንዘረዥ ላይ እንደተመለከተው በወሎ፣ በሰሜን ሸዋ፣ በጎንደርና በትግራይ አካባቢ የአርች ድልድዮች ቁጥር ከፍተኛ ነው ፣ይህም በኢጣሊያ ወረራ ጊዜና ከወረራው በሁለት ለሀገር አስተዳደር ጉዳይ ወሳኝ የሆኑ የመንገድ አቅጣጫዎች ወደ አሰብ ወደብና ወደ ዋና ከተማ ወደ አዲስ አበባ ያመዘኑ እንደነበር ያሳያል።

ኢመባ ከ1998 ጀምሮ ተግባራዊ በማድረግ ላይ በሚገኘው ዘመናዊ የድልድዮች አስተዳደር ስርአት ጋር በተያያዘ በየ 3 አመቱ አጠቃላይ ሀገር አቀፍ የድልድዮች ቆጠራና ምርመራ እያካሄደ የሚገኝ ሲሆን በሰንዘረዥ በታየው የቆጠራ መረጃ መሰረት በየጊዜው የአርች ድልድዮች ቁጥር እየቀነሰ ይገኛል። ይህም የሆነበት ምክንያት ኦብዛኛዎቹ አርች ድልድዮች እድሜአቸው እስከ 70 አመት የደረሰ በመሆኑና በዚህ ዘመን ያለውን የተሽከርካሪ ብዛትና የጭነት አይነት ለመሸከም ብቁ ባለመሆናቸው በአዲስ እንዲተኩ እየተደረገ በመሆኑ ነው። አርች ድልድዮችን በአዲስ የመተካቱ ስራ ከመንገዶች ማሻሻልና ማሳደግ ጋር የተያያዘ ሲሆን በተለይ በጠምዛዛና በአደገኛ መንገዶች ላይ የተገነቡት በአዲስ ሲተኩና የመንገዶቹ አቅጣጫ ሲቀየሩ አሮጌዎቹ ድልድዮች ሳይፈረሱ በነበሩበት እንዲቆዩ ይደረጋል።



ኦብዛኛዎቹ በሀገራችን የሚገኙ የአርች ድልድዮች በተገነቡበት ዘመን መንገዶቹ የጠጠር መንገዶች በመሆናቸው በየክረምቱ የሚዘንበው ዝናብ መንገዱን ከማርጠብ አልፎ ለረጅም ጊዜ እርጥብቱን እንደጠበቀ በመቆየትና በአነስተኛ ጉድጓዶች አማካይነት ውሀው ወደድልድዩ ሆድ የመዘለቅ እድሉ ሰፊ ስለሆነ በየጊዜው የመስበስና የጠጠሮች እርስ በርስ መለያየት ችግር ሲፈጠር ለበርካታ አስርት አመታት ዘልቋል። ምንም እንኳን በመንገድ ማሻሻያ ፕሮግራሞች የጠጠር መንገዶች አስፋልት የመልበስ እድል ቢያገኙም ቀድሞውኑ ውስጣቸው የተጎዱ እነዚህ ድልድዮች ተጨማሪ አመታትን ያገለግላሉ ብሎ ማሰብ አይቻልም። ስለዚህም አንዳንዶቹ በውጫዊ ገፅታቸው ጥሩ ቢመስሉም በድንገት የመፍረስ እድላቸው ከፍተኛ ነው።

Combolcha District has the largest number of arch bridges. It consists more than 40% of the total stock. It is obvious that because of concentrated political and administrative movement of the invaders the road network expansion was done in the Northern part of the Country. BMS

Ethiopian Masonry arch bridges are mostly made of masonry wall from both sides and gravel back fill inside. Due to the fact that the road pavement or the surface was originally gravel type, during the rainy season leakage of rain water in to the inside part and accumulation of water on the surface pothole area was common occurrence and thus back of concrete deck suffered from decay and disintegration.

It could be therefore many of the existing old arch bridges are vulnerable to sudden collapse even the current road surface is Asphalt Concrete.

As envisioned in ERA Master Plan for bridge rehabilitation, more than 500 old Masonry arch bridges are supposed to be replaced with in 10 years, which is until 2021.

Despite replacement plan is there, regular annual condition survey is undergoing to assure safety of traffic movement over these old and failure suspected bridges.

በአጠቃላይ መልኩ ግን የድልድይ ጥናቶች የሚያመለክቱት አብዛኛዎቹ የአርች ድልድዮች በእድሜና በአገልግሎት ብዛት የተለየ ጉዳት ያለባቸውና አንዳንዶቹ በውጫዊ ገፅታቸው ጥሩ ቢመስሉም በክብደት ምክንያት በድንገት ሊፈረሱ እንደሚችሉ ነው። በዚህም መሰረት ከ2004 አም ጀምሮ ተግባራዊ በመሆን ላይ የሚገኘው የድልድዮች ማሻሻያ ማስተር ፕላን በቀጣይ 10 አመታት የግንብ አርች ድልድዮች በሙሉ በአዲስ እንደሚተኩ ያመለክታል።

በዚህም መሰረት እስካሁን በተሰራው ስራ የነበሩንን ያረጁ ግንብ ድልድዮች ብዛት ወደ 74.5 ከመቶ በማውረድ በአዳዲስ እንዲተኩ የተደረገ ሲሆን በተለይም እየተካሄዱ ካሉ የመንገድ ማሻሻያ ፕሮጀክቶች ጋር በተያያዘ ለምሳሌ በከምቦልቻ ባቲ ሚሌ መንገድ በቀጣይ ጥቂት አመታት የአሮጌ ድልድዮች ቁጥር በከፍተኛ ሁኔታ ይቀንሳል።



እነዚህን አሮጌ የአርች ድልድዮች በአዲስ የመተካቱ ፕሮግራም እንዳለ ሆኖ ግን በማገልገል ላይ ያሉትን በተመለከተ እንደሌሎቹ ድልድዮቻችን በ BMS የድልድዮች ሀብት አስተዳደር ስርአታችን መሰረት በየአመቱ የፍተሻ ምርመራ እየተደረገላቸው ድንገተኛ የመሰረት መሸርሸር የሚያጋጥማቸውም ሆኑ ለአዲጋ በጣም የተጋለጡት በቅድሚያ እንዲለወጡ ይደረጋል።

ስለ አርች ድልድይ ስንጥር በሀገራችን ቁጥራቸው 15 የሚሆኑ የኮንክሪት አርች ድልድዮች ያሉ ሲሆን እነዚህ በተሻለ የጥንካሬና የአገልግሎት ደረጃ የሚገኙ በውበትም አይንን የሚስቡ ሆነው እናገኛቸዋለን።

ከእነዚህ አይነት ድልድዮች መካከልም በ1939 ዓም በአባይ ወንዝ ላይ በጣሊያኖች የተገነባው ድልድይ አንዱ ሲሆን ኩራኩራ የተሰኘው በቻይና የተሰራውንም ድልድይ መጥቀስ ይቻላል።



Beauty of Kurakura bridge, along Woldiya–Dilb road



Example of bridge pictures before and after replacement.

In line with the road rehabilitation projects like Combolcha–Wodya, Addis-Ambo-Nekempte, and others, significant number of these type of bridges are replaced in the past 15 years. Furthermore about 50 old arch bridges are going to be replaced under Combolcha-Batti-Mille road rehabilitation project alone, which is under implementation.

In general, so far, quarter of the arch bridge stock is replaced by new bridges and some are obsoleted due to road realignment.

There are also few number of Reinforced Concrete ( RC ) arch bridges in Ethiopia. To mention long ones, Kurakura bridge along Woldiya–Dilb route constructed by Chinese and Awash River Bridge along Alemgena – Butajira route. Arch bridges made of RConcrete and Masonry stone are very different structurally and in bearing capacity aspects. RC Arch bridges can serve for longer years as any RC Girder Deck bridges and their defect is common to any other concrete made bridges.

Currently there are about 15 RC Arch bridges and 417 Masonry Arch bridges in Ethiopia.

The longest RC arch bridge in Ethiopia is the Abay River No3 bridge which is located at the gorge between Gohatsion and Dejen towns. It has 125 mt central span and 205mt total length.



*The Article produced by  
ERA - Bridge Management Team Leader  
Girma Worku, Bridge Engineer  
Wkgirma@gmail.com*