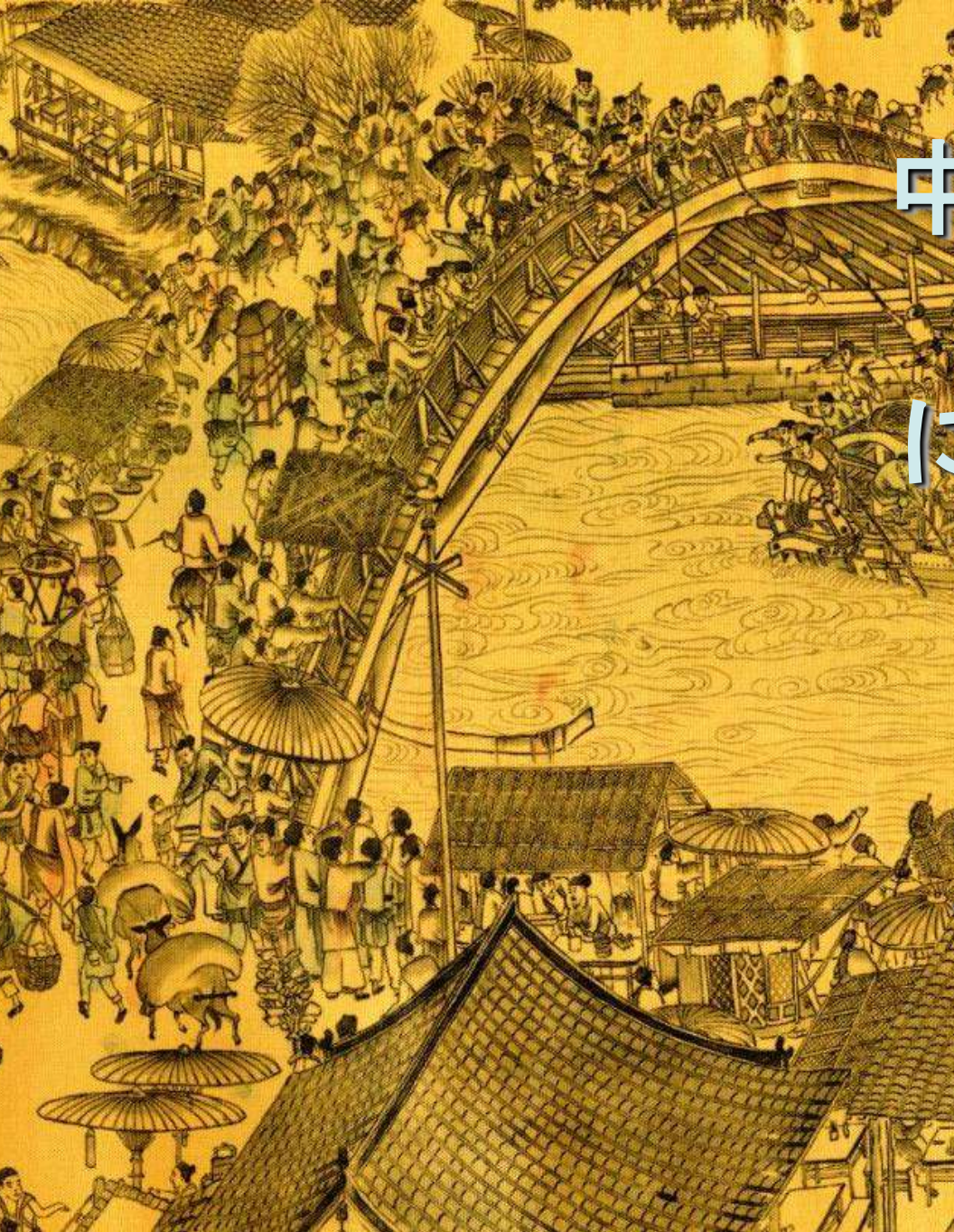




中国宋代虹桥の 構造原理 についての研究

HACHINOHE
INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Department of Architectural Engineering
Professor
Pei-Shan Chen Dr.Eng

陳沛山

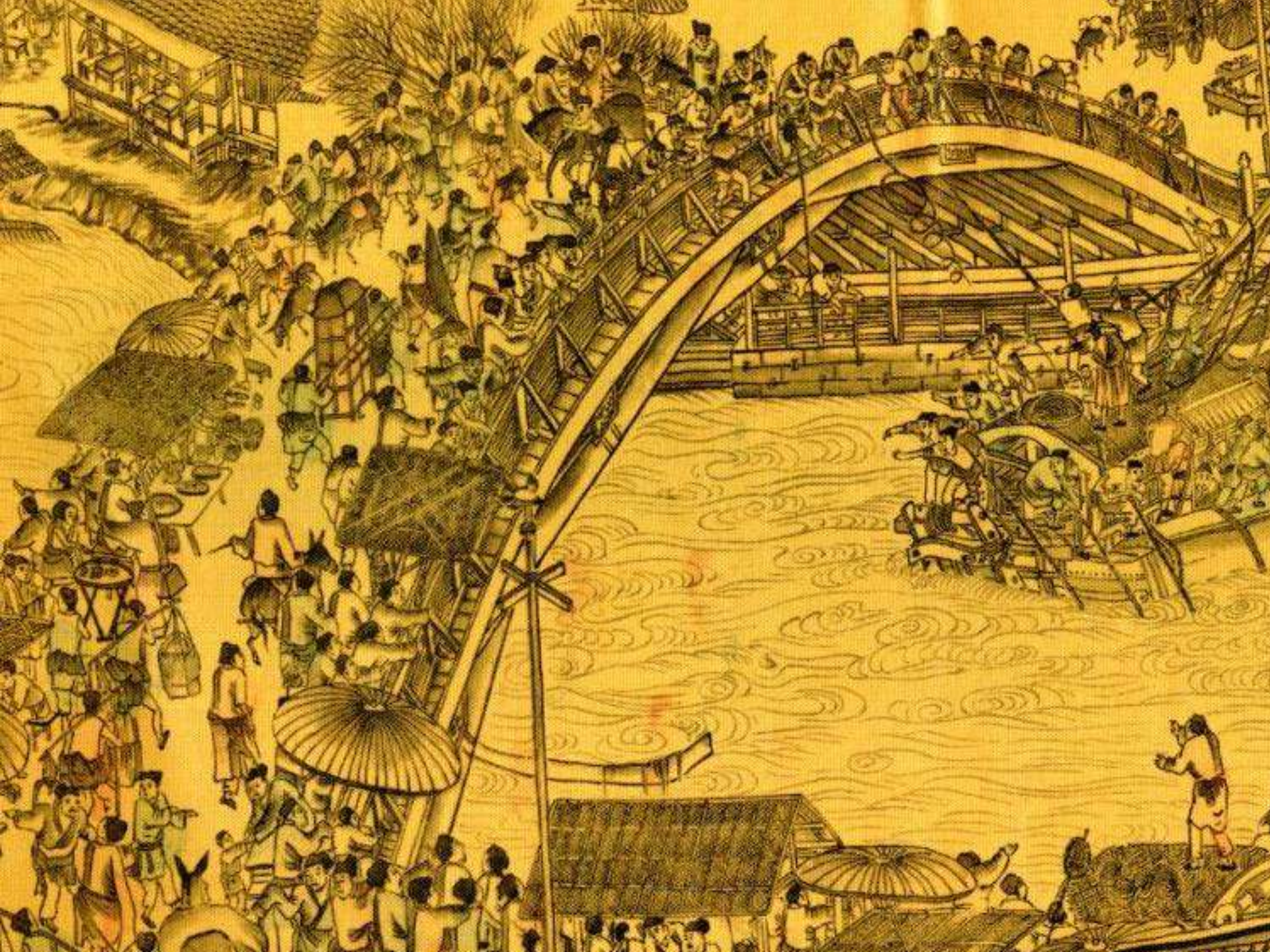
清明上河图



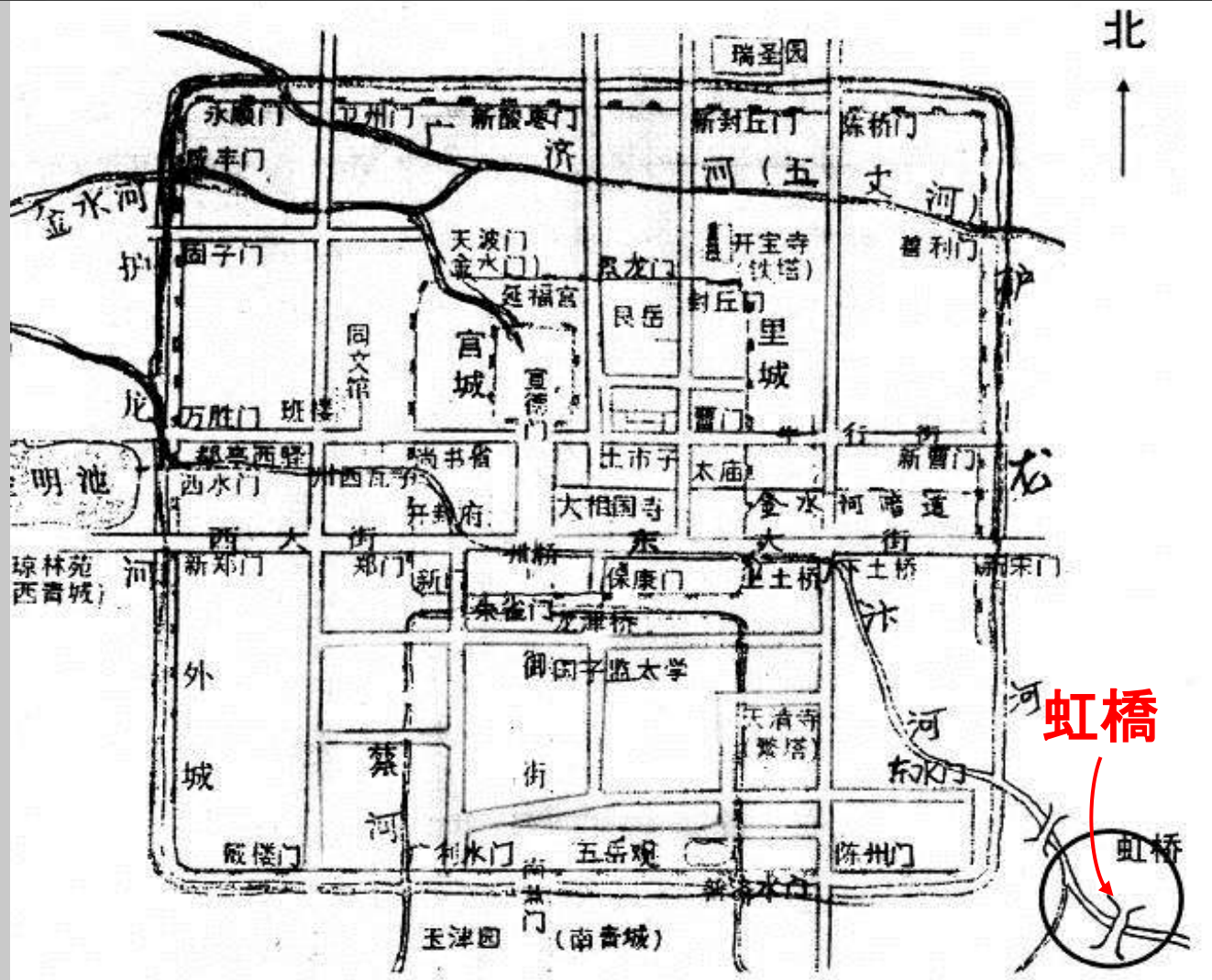
528cm in length , 24.8cm in wide
Northern Song Dynasty (A.D. 960-1127)

虹桥 Hongqiao





虹桥的位置



宋代畫家張澤端

清明上河園



清明上河園



RC 造虹橋

本研究の意味

- 「清明上河図」と「虹橋」は注目されている
- 幾何学的規模, 建設方法, 力学原理は謎
- 現代空間構造への啓発、新しい構造デザイン
- 僅かな資料と1枚の絵の複製品から研究を展開

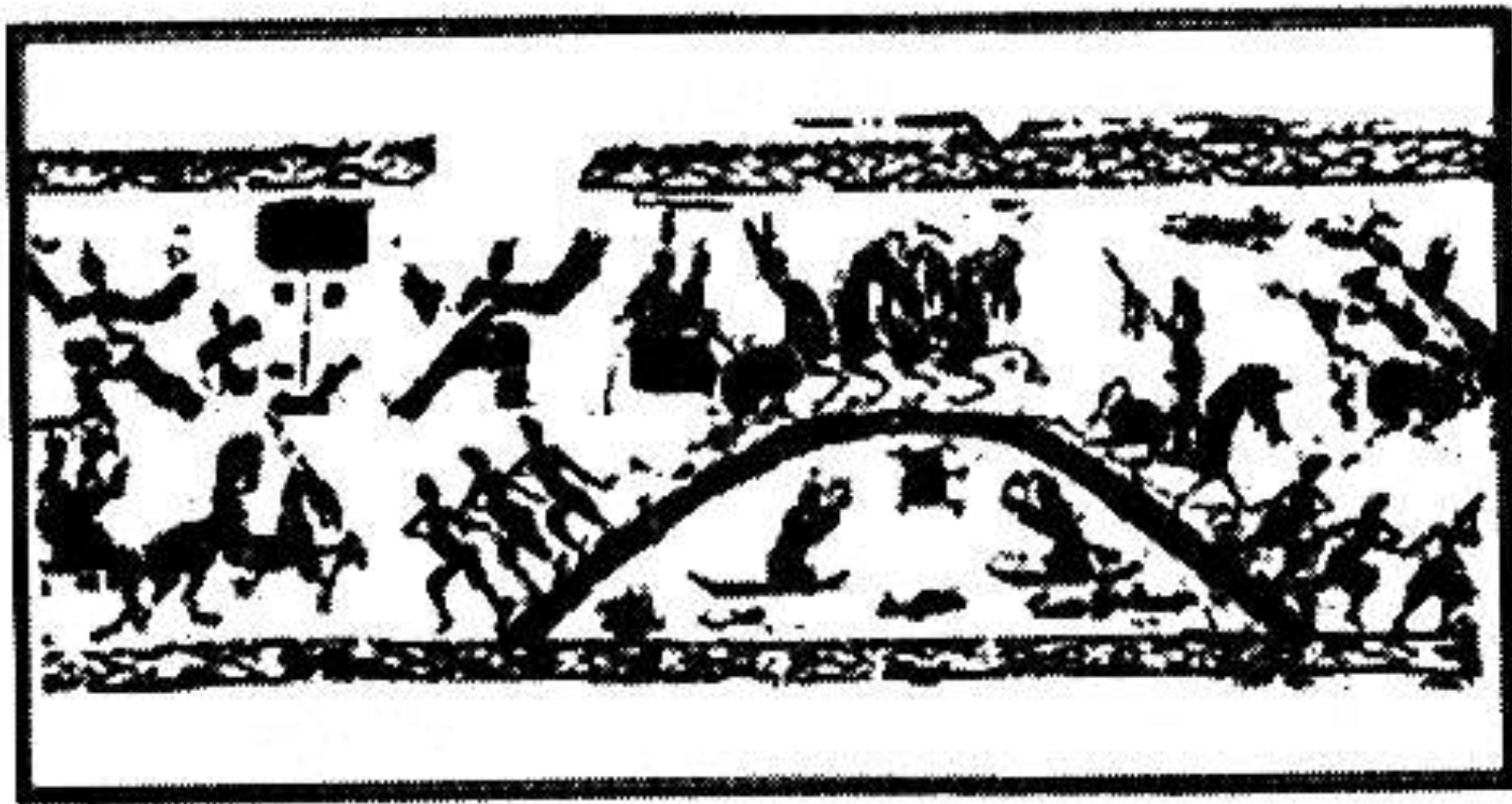
中国のアーチ状木造橋の歴史

「趙州橋」: 中国の石橋(アーチ)は1400前の現れた。

「無脚橋」: 天禧元年(A.D.1017)、船と橋の衝突を避けるため、「無脚橋」の研究、失敗

「飛橋」: 中国初のアーチ状木造橋？

「虹橋」: 慶歴年(A.D.1041-1048)、アーチ状木造橋



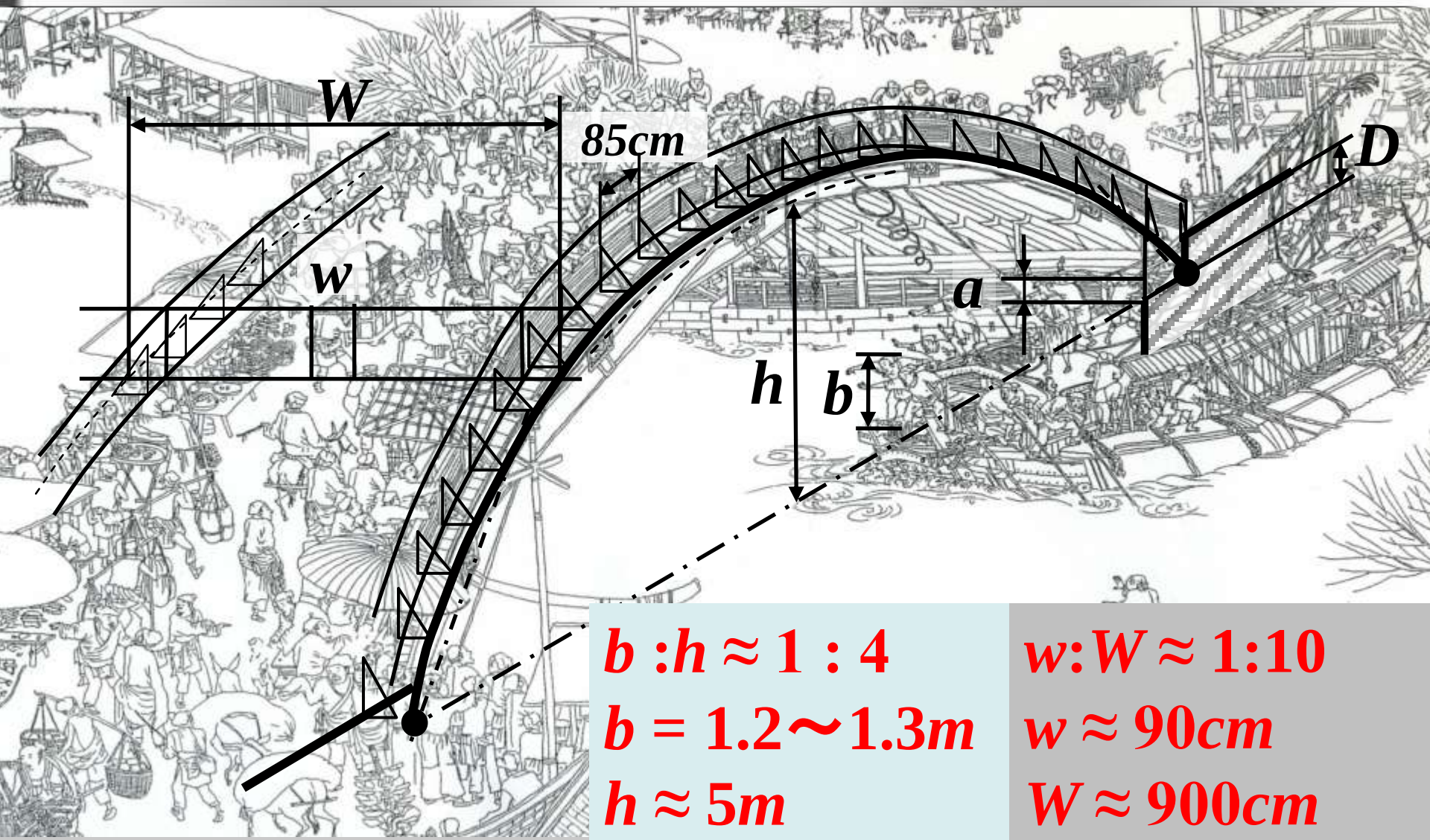
中国最古のアーチ：隋代趙州橋



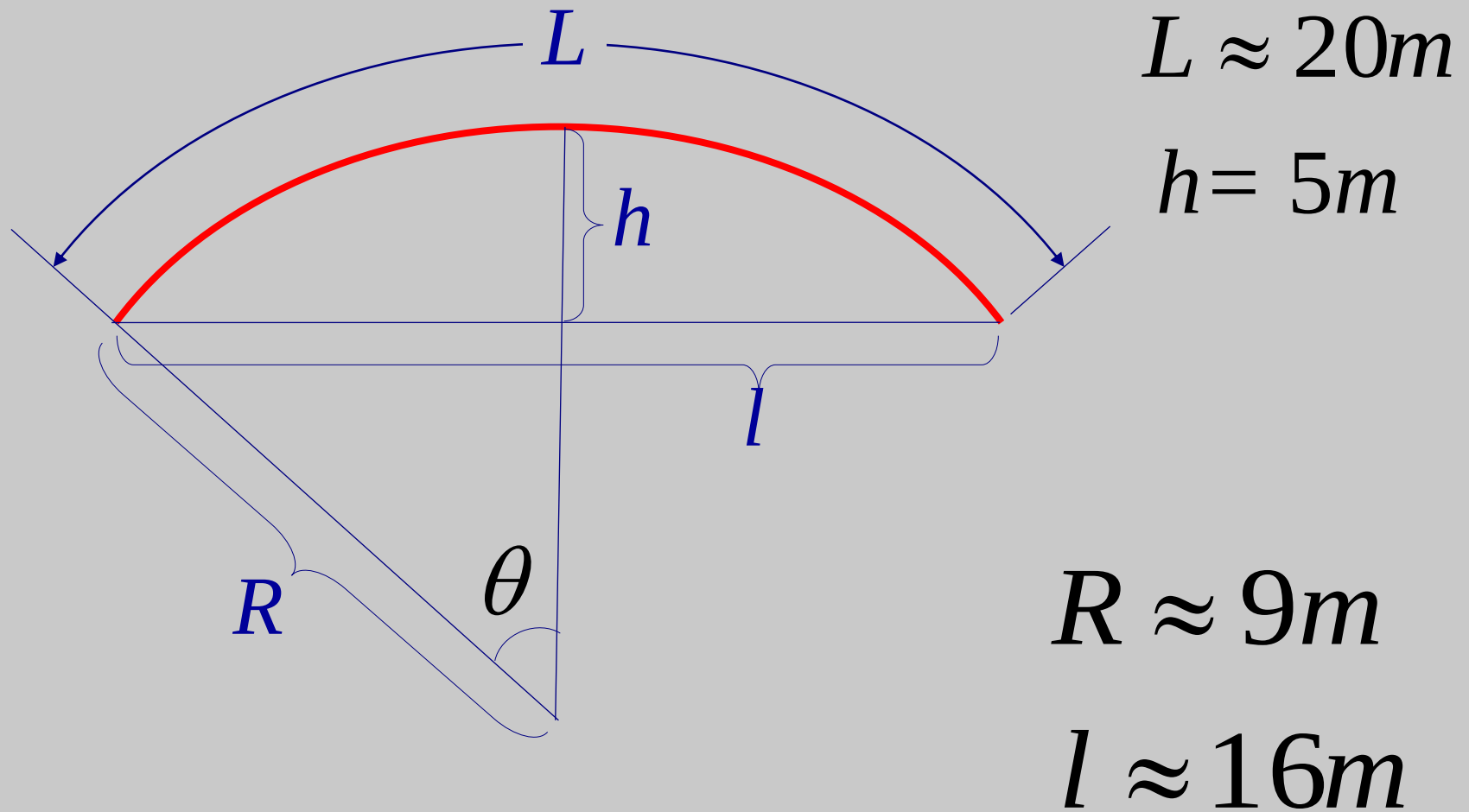
中国河北省、おおよそ1400前



虹橋の幾何学寸法 No.1



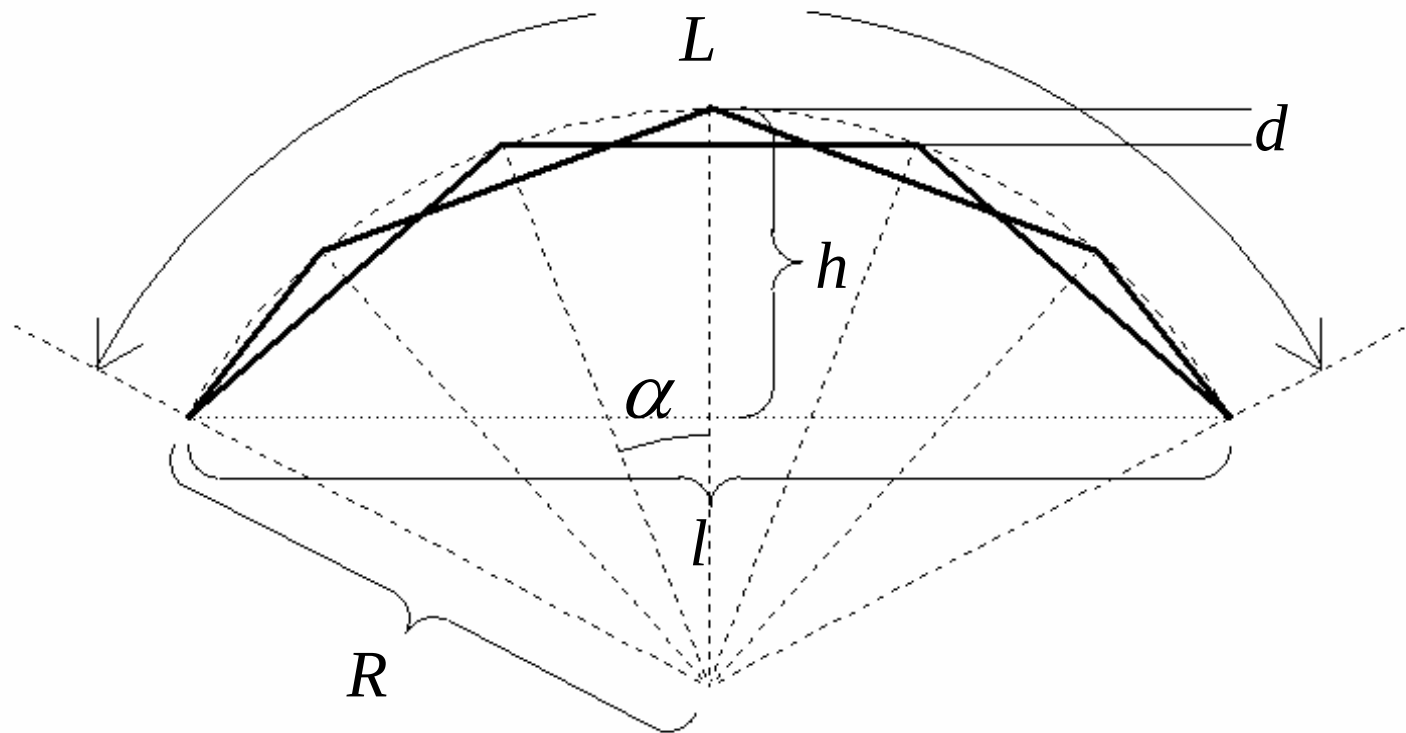
虹橋の幾何学寸法 No.2



ライズは部材断面に依存する



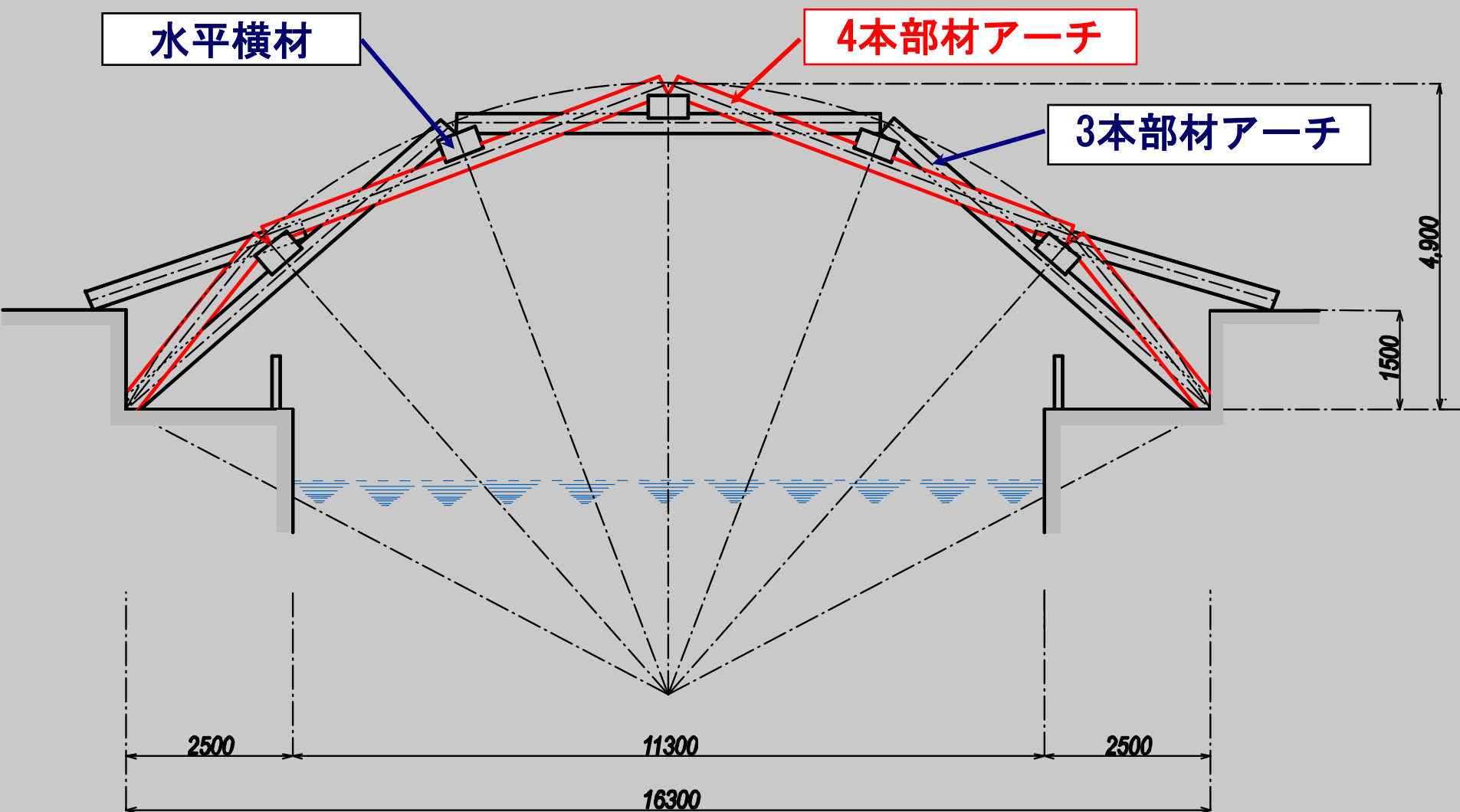
虹橋の幾何学寸法 No.3



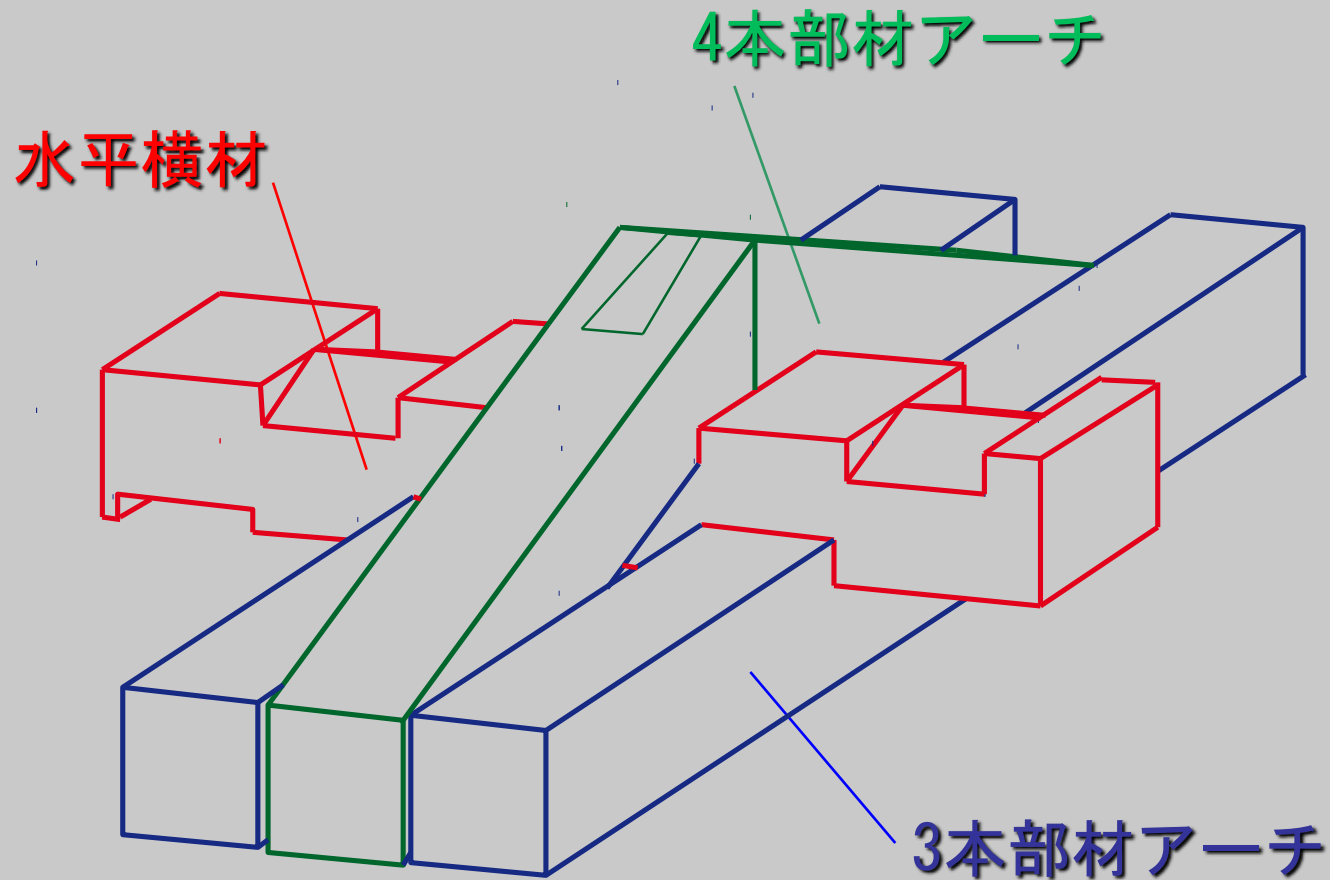
スパン: 16.3m
ライズ: 4.9m

材 長: 6.5m
角材径: 42cm

虹橋の構造原理と断面寸法



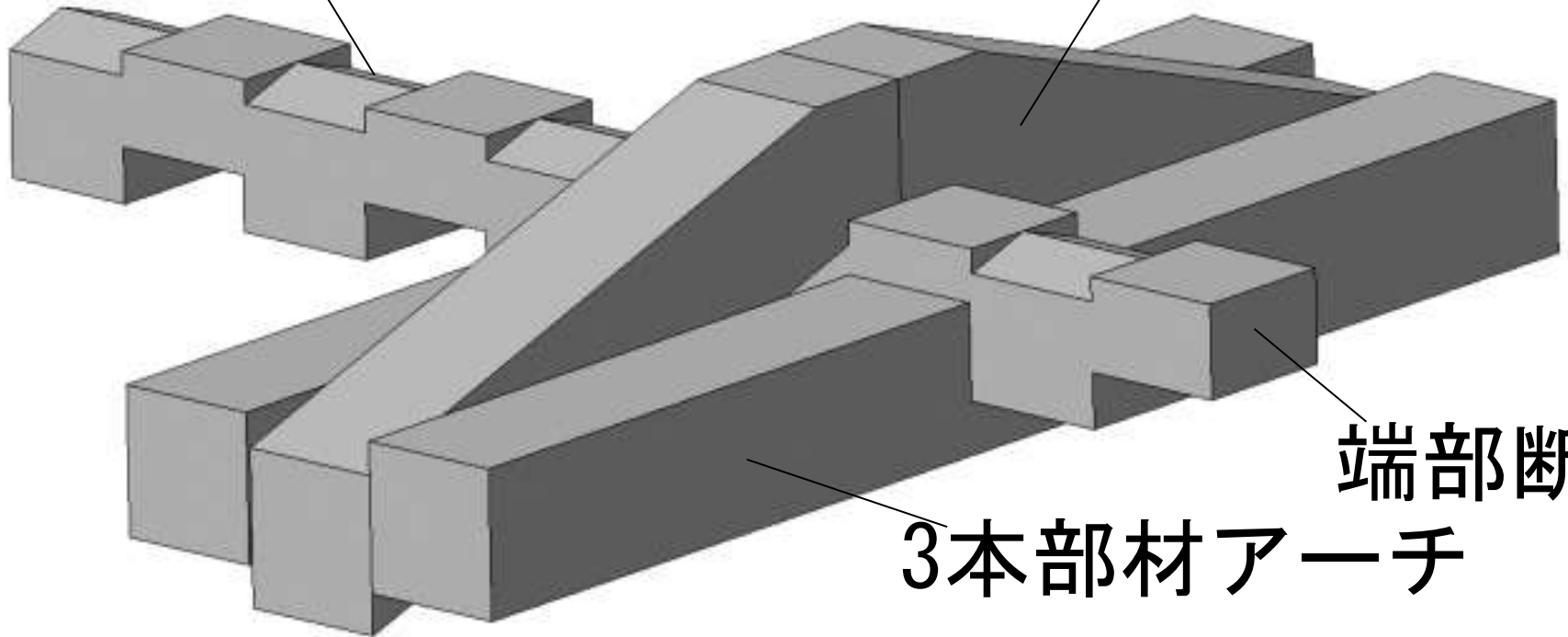
接合部の構造



接合部

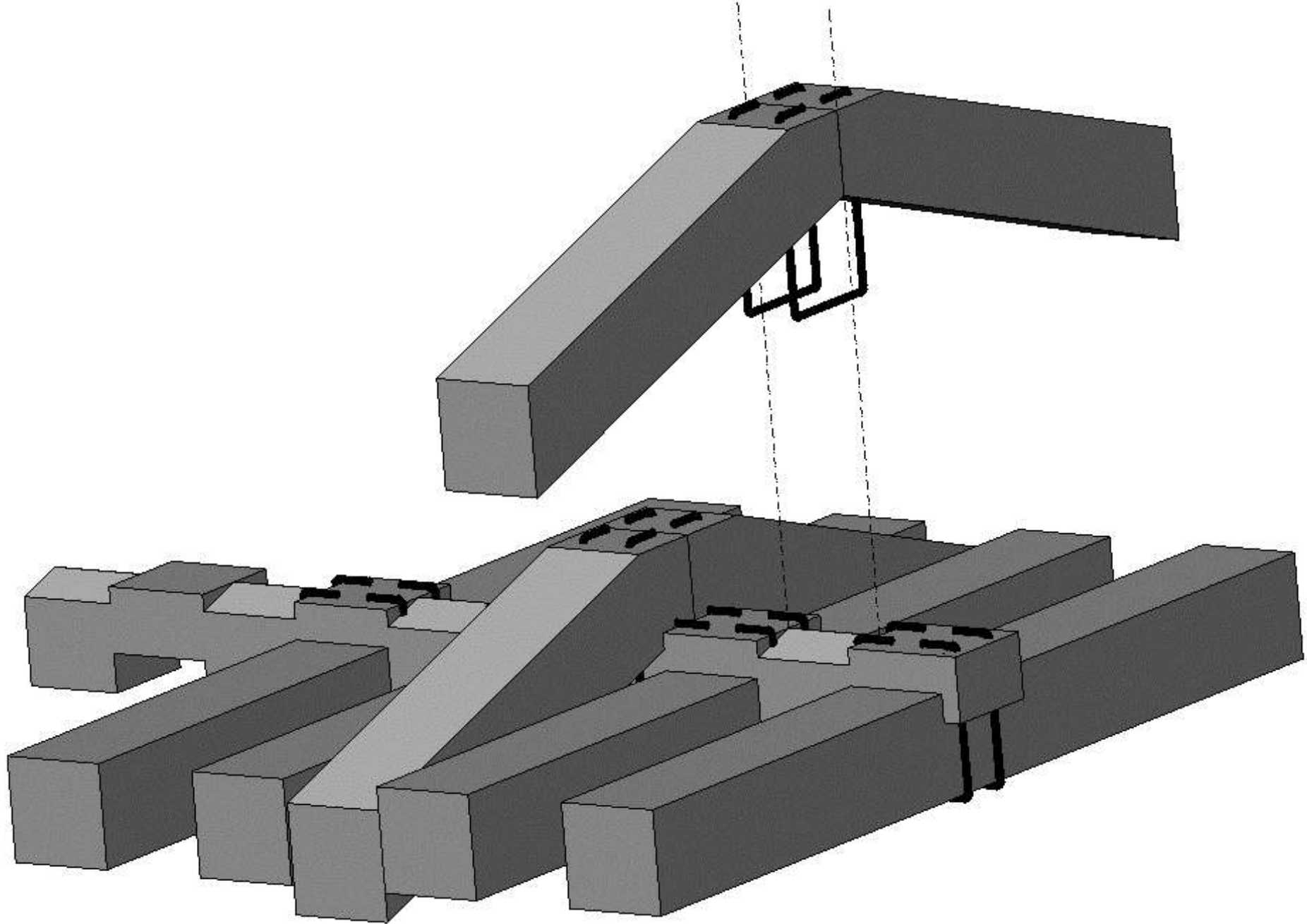
水平横材

4本部材アーチ

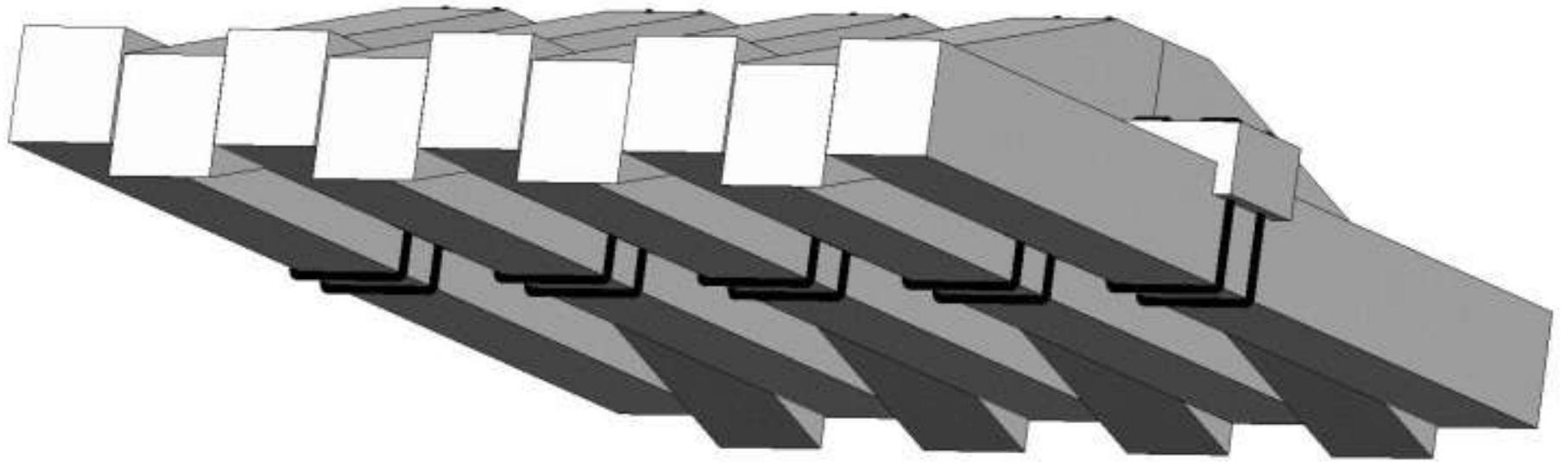


3本部材アーチ

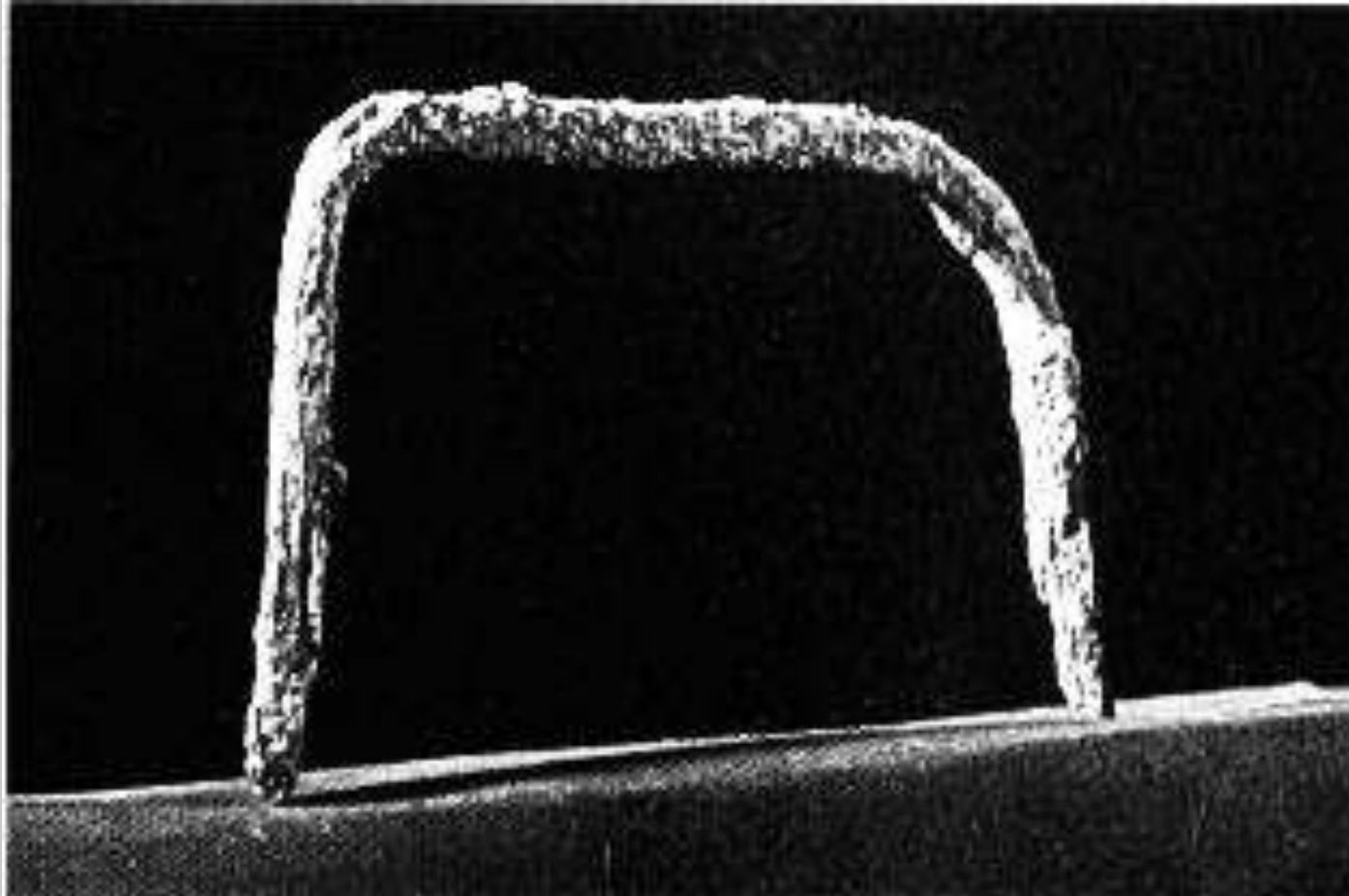
端部断面



線状金物によって一体化



1414年前の隋代石棺に用いた鉄製 金具



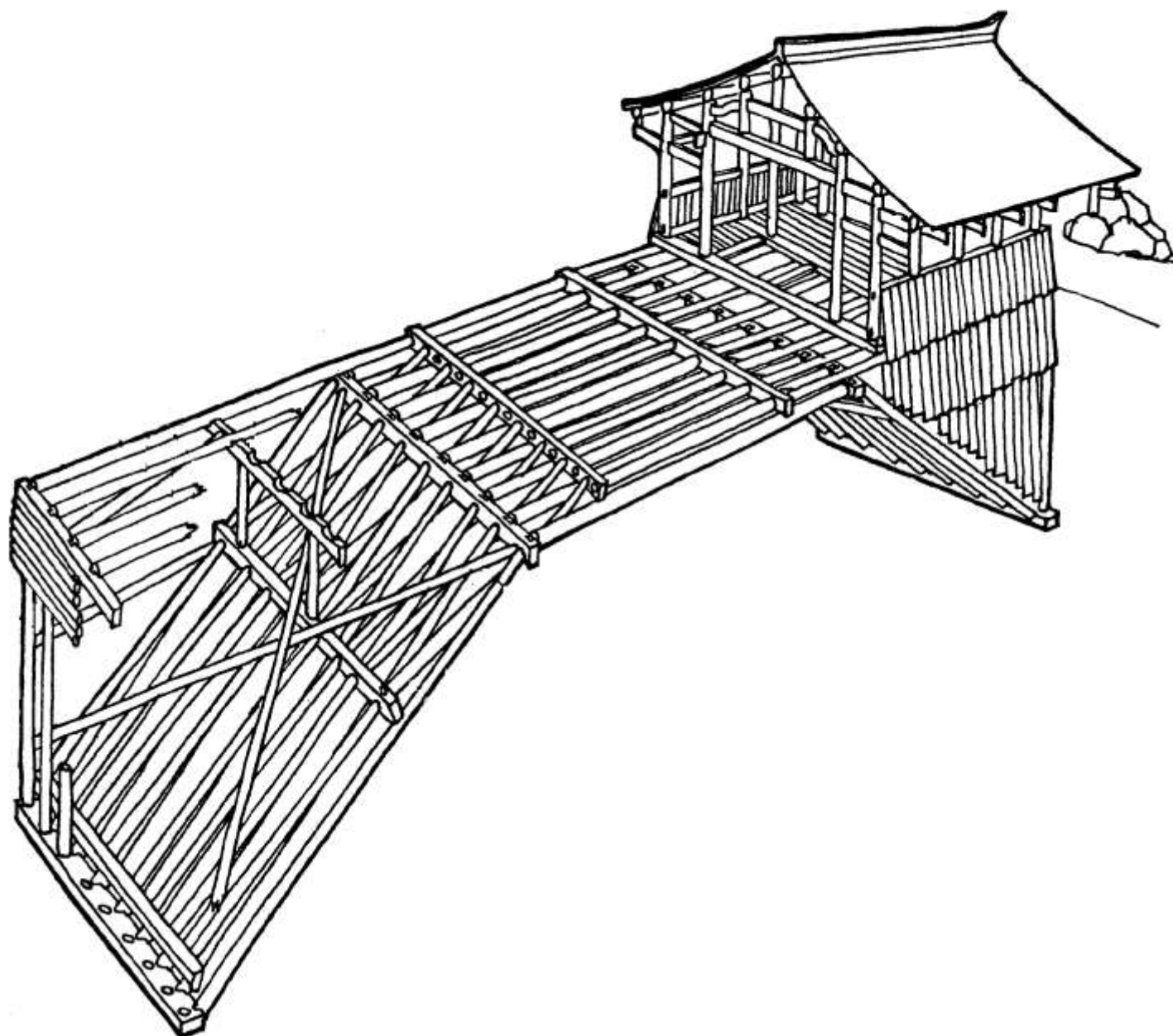


虹橋の構造システム



「疊梁」Named by 唐寰澄

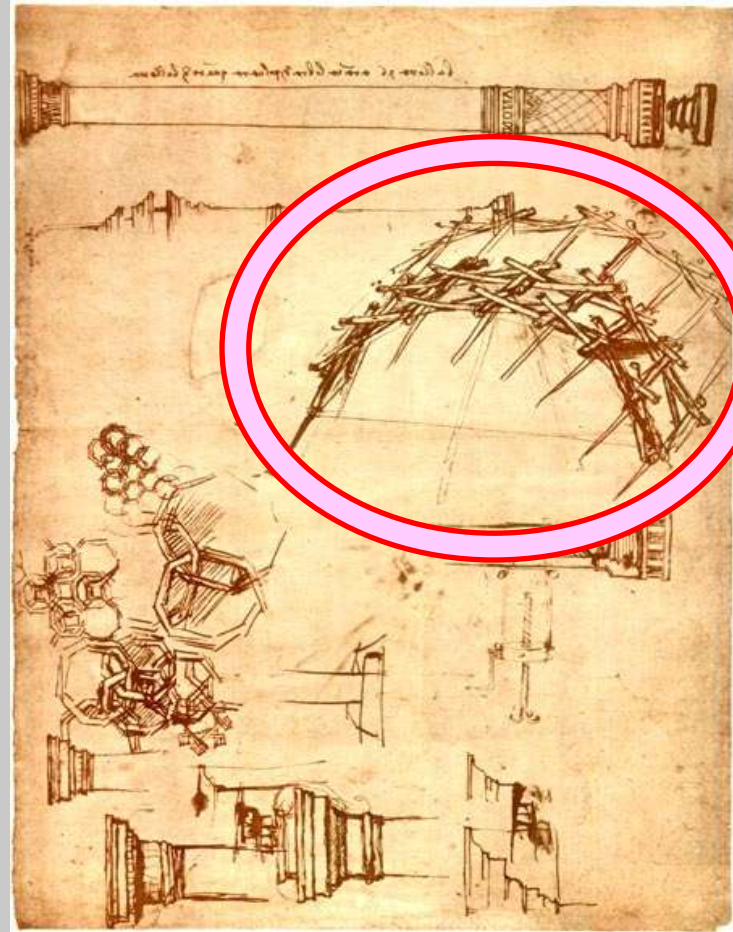
“Lap-Beam” by the author



Similar Ideas

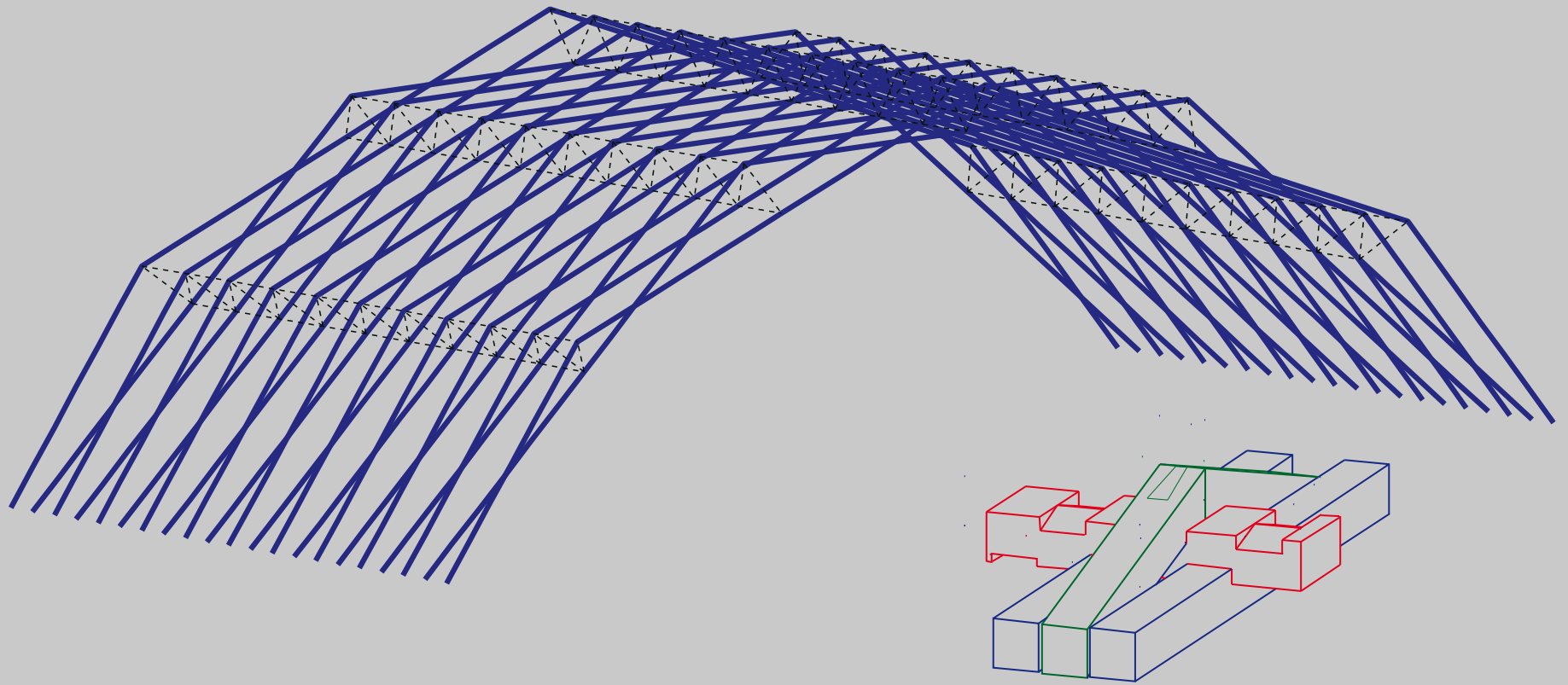


Leonardo da Vinci



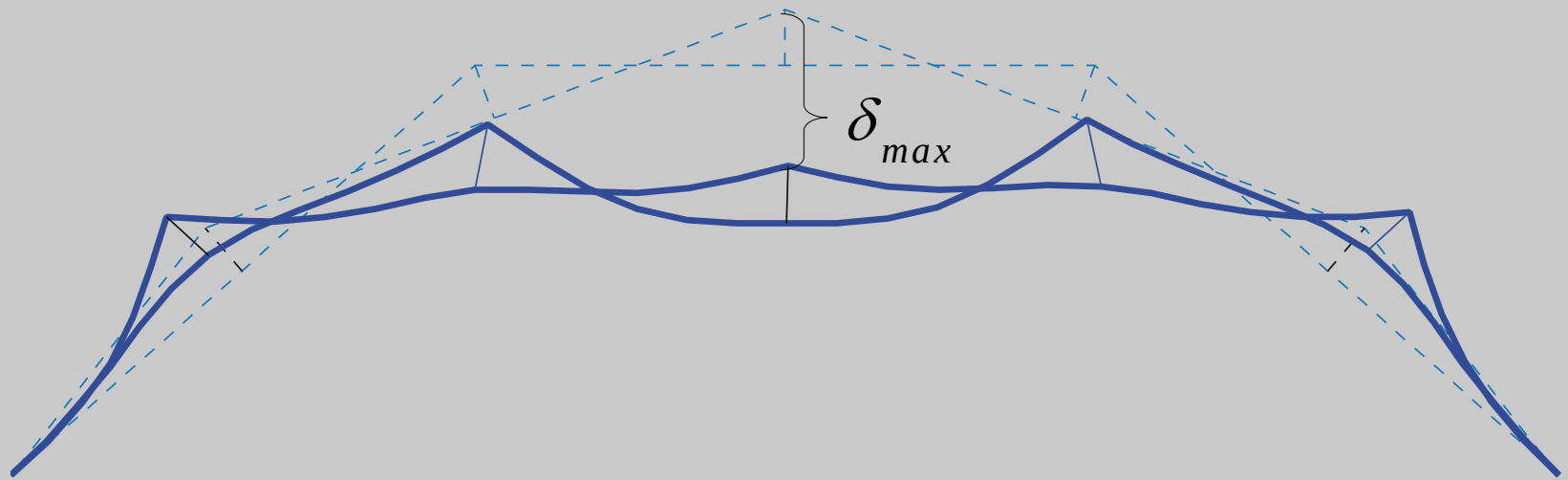
***Temple bridge proposed by
Leonardo da Vinci: 1478-1518***

虹橋力学解析モデル



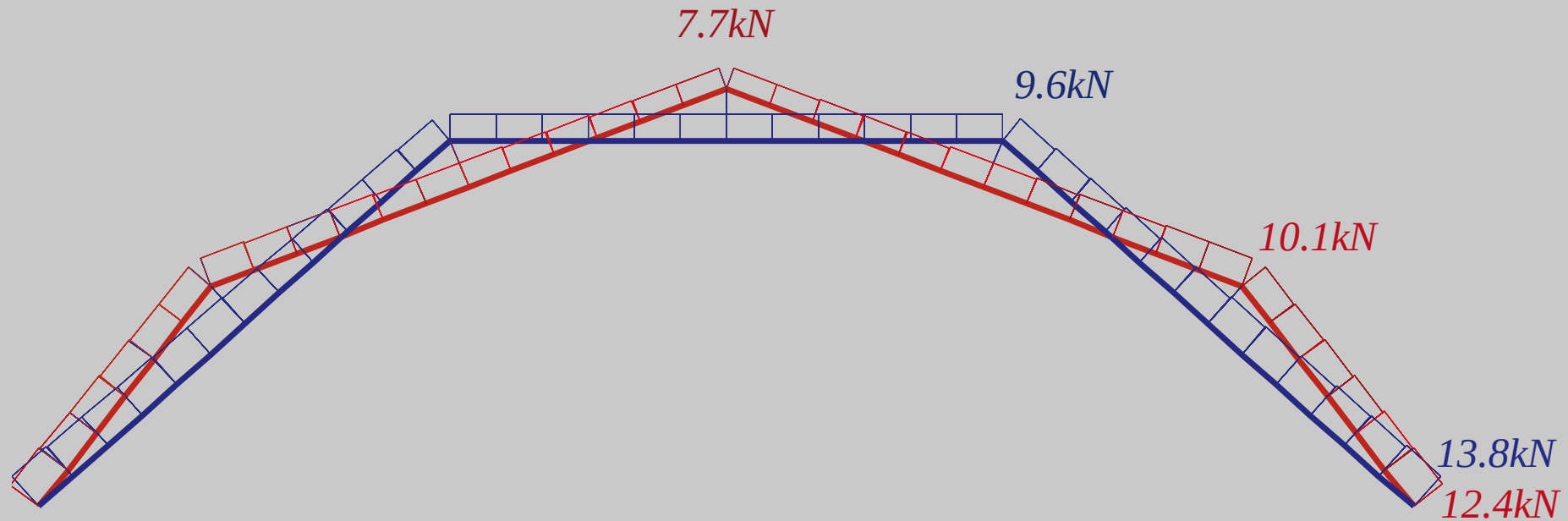
Freedom → Constraint

虹橋力学解析結果： 変形様子

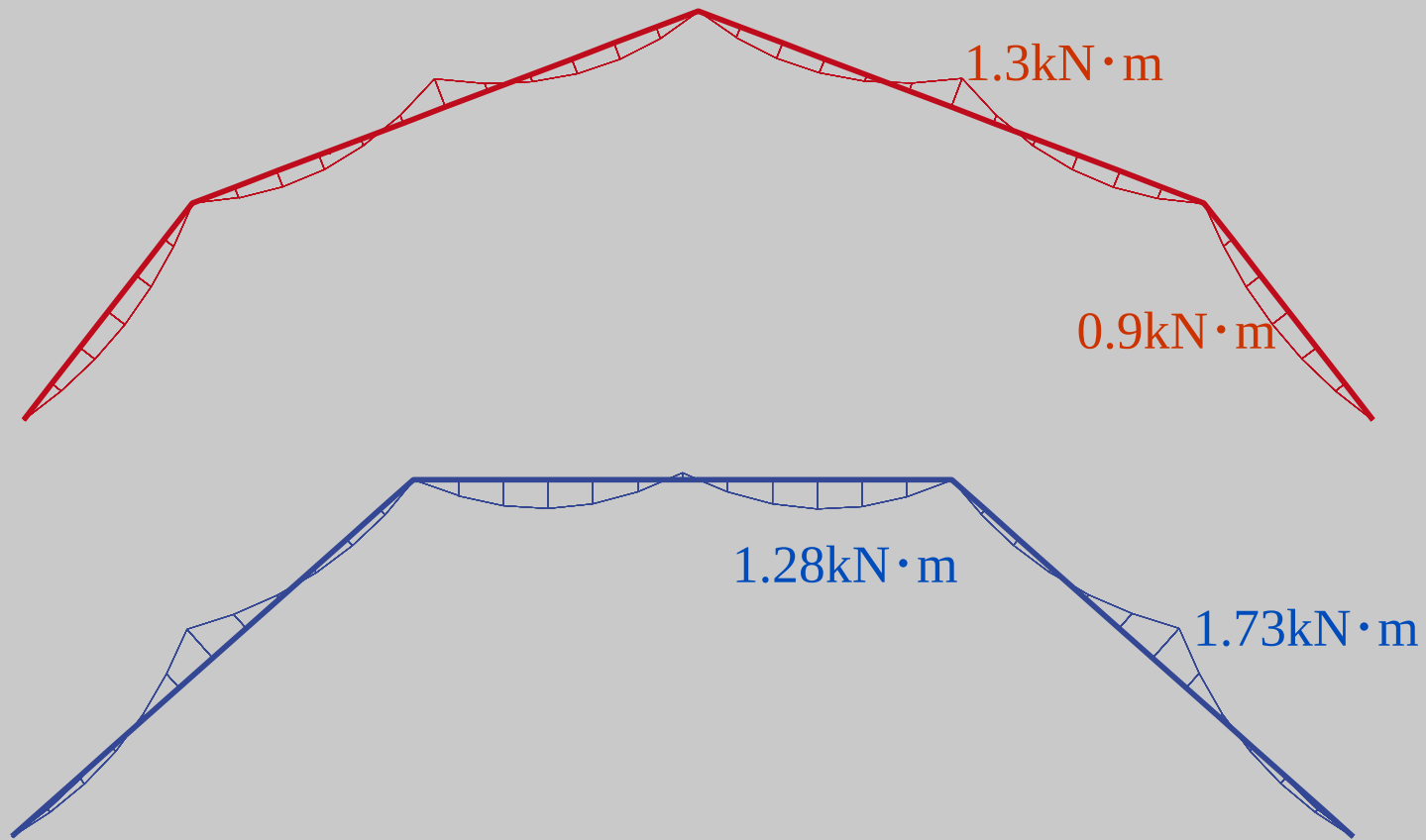


$$\delta_{max} = 0.23mm$$

虹橋力学解析結果： 軸力の分布



虹橋力学解析結果： 曲げモーメント



現代空間構造への応用



Lap-Beam円筒

ザルを編む原理の利用



ザル・ドーム



現代空間構造への応用

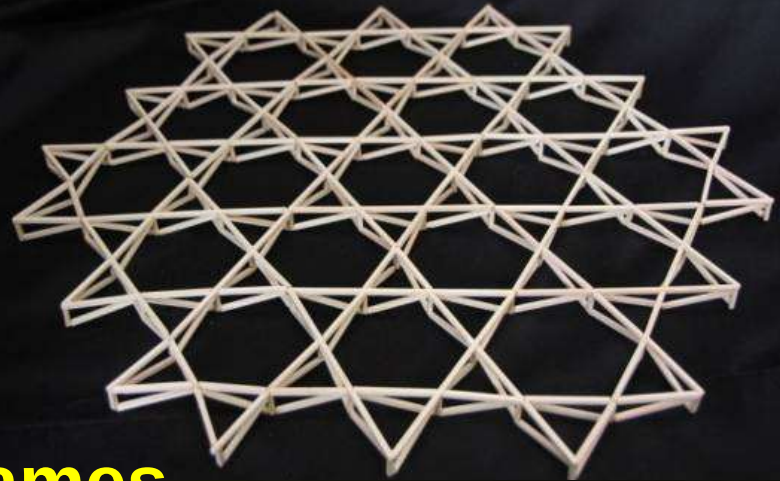
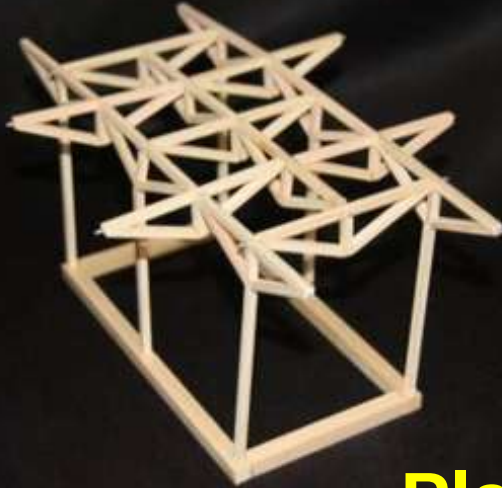


Lap-Beamドーム

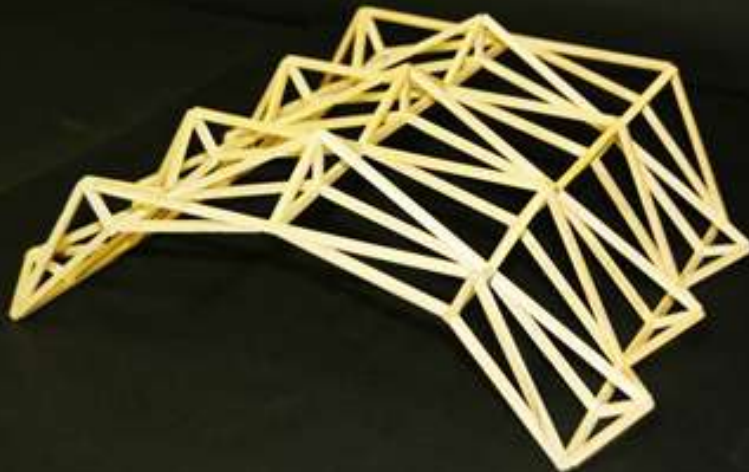
虹橋建設方法の謎

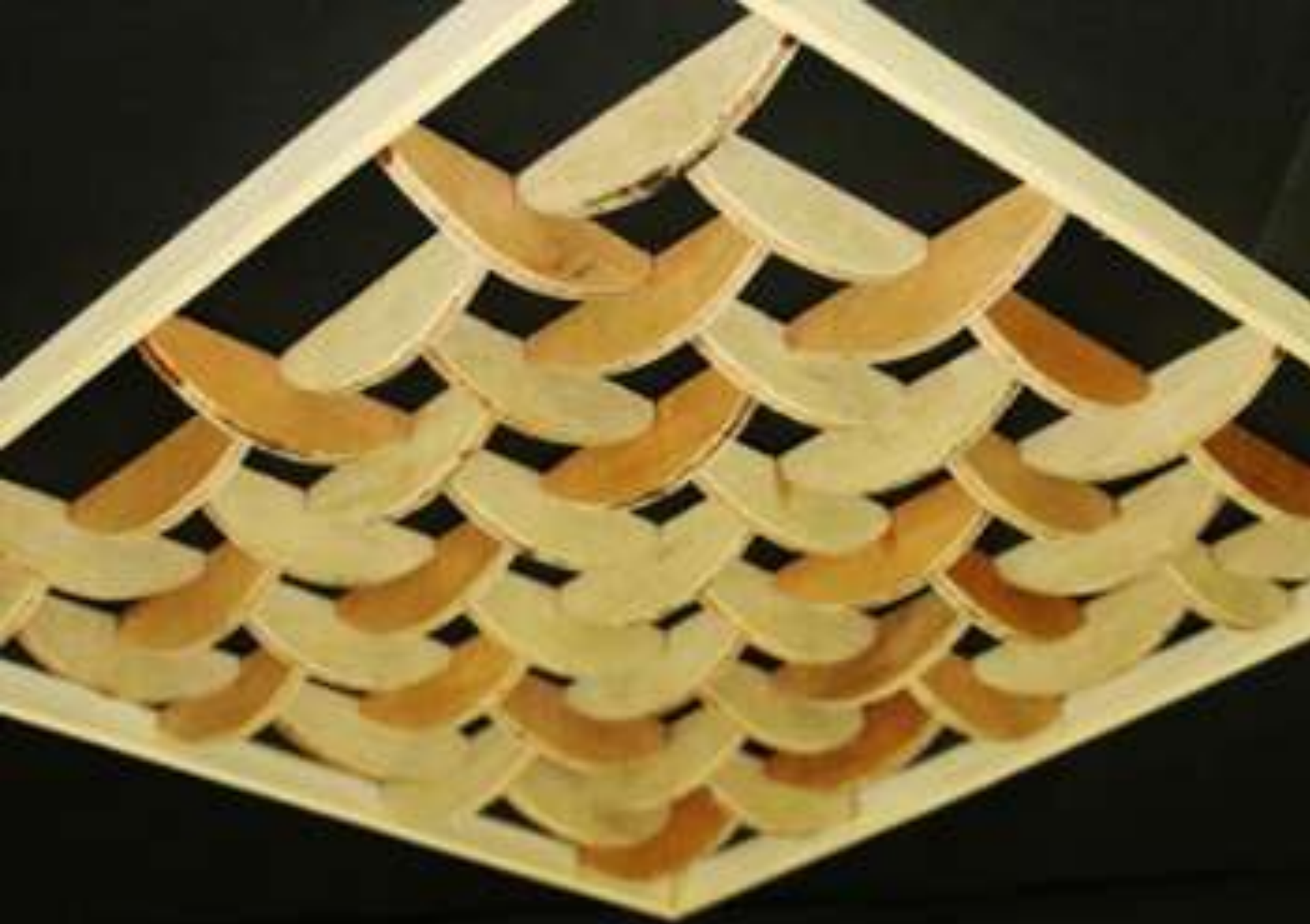


Versatility for Form Design



Plane frames







Thank you !



Hongqiao Bridge
Kaifeng China