

低品位材料を用いたアーチ構造の基礎的解析

鹿児島大学工学部 学生員 ○堀之内淳士 新地洋明
鹿児島大学工学部 正会員 吉原 進 愛甲頼和

1. まえがき

災害多発国日本では、災害との付き合い方を長い年月の経験として蓄積してきた。ところが、このところ日本ではなんとしても被災するのを避けようとする巨大完璧型土木を造ってきたと思われる。可能な限り高い安全性を確保しようとしても、材料が枯渇しそうだし、その資源を採取するのに生態系に影響を与えている。材料を調整するのに大きなエネルギーが使われる。

そこで省エネルギーの観点から強度材料の使用を抑える必要が出てくる。資源枯渇・省資源の観点からは代替材(土・砂・石・木・竹など)を使用する必要がある。リサイクル材の観点からは目減り、コスト増、品質劣化、出荷不安定への対応法が必要となると思われる。

品質の落ちる材料を骨材として用いれば強度の低下、品質のばらつきなど、従来の土木材料として持つべき強度や安定を欠く。そこで考えられるのがアーチ構造である。特に、アーチ石橋は発生応力が小さいといわれており、粗悪材、リサイクル材、代替骨材などの低品位材が使える特徴がある。そこで、低品位材をアーチ構造に適用することを試み、実験を行った。

2. 実験概要

実験に用いた供試体は図-1 に記す。半径 80 cm、厚さ 10 cm、幅 20 cm のアーチリブ形式の連続モルタル梁である。今回は一般的な養生期間 28 日と強度を落とすために養生期間 7 日の 2 つの場合で実験を行った。配合関係等は同じ条件である。養生期間 28 日の供試体は圧縮強さ 210 kg f/cm^2 (推定引張強さ約 20 kg f/cm^2)、弾性係数 $1.51 \times 10^5 \text{ kg f/cm}^2$ 、養生期間 7 日の供試体は圧縮強さ 120 kg f/cm^2 (推定引張強さ約 12 kg f/cm^2)、弾性係数 $1.01 \times 10^5 \text{ kg f/cm}^2$ である。

荷重載荷方法はアーチ中央部にロードセル、鉄板-1 を介して、載荷試験機による繰り返し載荷、1 点集中載荷試験を行った。アーチ支承部にボルトを埋め込み、鉄板-2 に固定させた。

実験に際しては、供試体の水平変位、鉛直変位、各部のひずみなどを計測した。供試体に設置したひずみゲージおよび変位計等の設置状況は図-2、図-3 に示すとおりである。アーチ側面左支承部を 0 度、右支承部を 180 度、頂部を 90 度とするようにそれぞれ角度で表わす。特に支承部、0 度、180 度の水平変位に注意しながら計測した。

解析の結果で応力が大きく出るポイント (90 度・45 度付近) を中心に結果を記す。

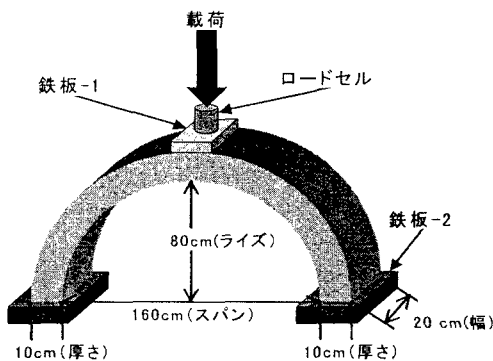


図-1 実験供試体

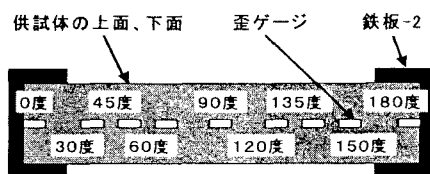
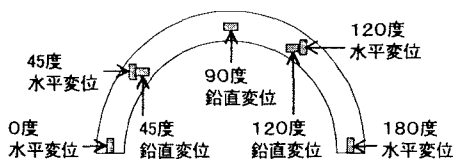
図-2 ひずみの計測ポイント
(上面・下面)

図-3 変位の計測ポイント (側面)

3. 実験結果

図-4 はアーチ中央部下面の荷重-ひずみ曲線を図示したものである。ひびわれが生じてひずみゲージが切れたため、ひびが発生するまでを示した。養生期間 28 日はひずみ $153\mu\text{mm}$ 、7 日はひずみ $183\mu\text{mm}$ でひびが生じた。それぞれ引張ひずみである。応力で表わすと養生期間 28 日は引張応力 $23\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、7 日は引張応力 $18\text{kgf}/\text{cm}^2$ である。

図-5、図-6 はひびわれが生じても繰り返し載荷し続けたグラフになっている。

図-5 はアーチ中央部の荷重-鉛直変位を示す。ひびわれが発生する養生期間 28 日は載荷荷重約 660kgf 、7 日は約 570kgf まで両方ともほぼ同じ傾きを持った直線を示している。ひびわれ後載荷荷重を取り除くと養生期間 28 日は $60\times 10^{-3}\text{mm}$ 、7 日は $45\times 10^{-3}\text{mm}$ の変位が残った。また、荷重を載荷し始めると変位は両方とも同じような傾きの直線で変化し、養生期間 28 日は $675\times 10^{-3}\text{mm}$ 、7 日は $690\times 10^{-3}\text{mm}$ まで上昇した。

図-6 はアーチ上面、135 度の荷重-ひずみを示したものである。図-5 と同じように養生期間 28 日は載荷荷重約 660kgf 、養生期間 7 日では約 570kgf で荷重が減少している。これはアーチ中央部にひびが発生したからである。しかし、ある程度減少したらまた荷重が上がり始めた。養生期間 28 日は載荷荷重約 780kgf 、7 日は約 750kgf で今度は図-2 で記すアーチ上面 135 度付近でひびが生じた。図-5 ではこの 2 回目のひびわれが生じるまで示している。また荷重を繰り返し上げていくと養生期間 28 日は載荷荷重約 330kgf 、7 日では約 550kgf で反対側のアーチ上面 45 度付近にひびわれが発生した。

4. まとめ

本研究で用いたようなアーチ構造は、まずアーチ中央部下面にひびわれが発生し、その後はアーチ曲面 1/4 上面付近でひびわれが発生し、破壊に達することが分かった。アーチ中央部にひびわれが発生すると急激に断面中央部までひびわれが進行した。このときを境にして構造形式が変わったものと考えられる。強度が落ちると考えた養生期間 7 日の方が引張ひずみは大きい値を示した。強度の差はあまりないようである。

参考文献

吉原進著 持続可能な日本-土木哲学の道 技報堂出版

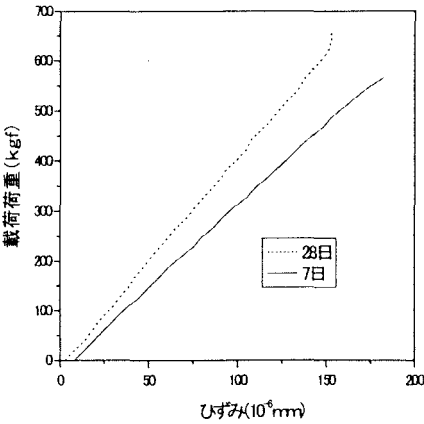


図-4 アーチ中央部
荷重-ひずみ

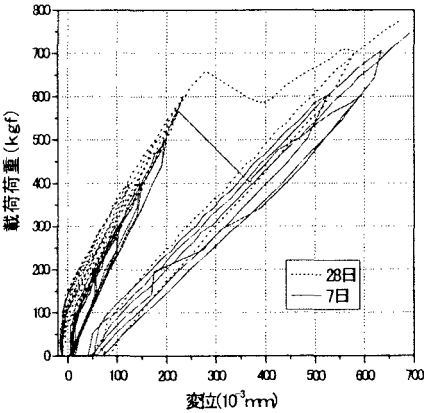


図-5 アーチ中央部
荷重-鉛直変位

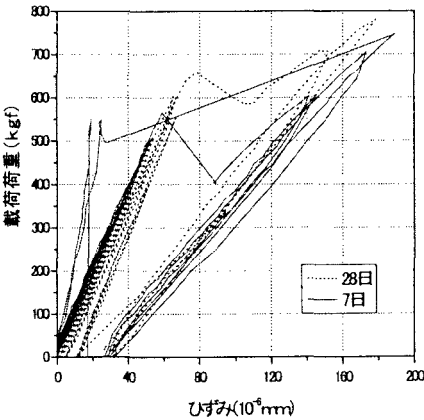


図-6 アーチ上面
135 度の荷重-ひずみ