

現存 韓國 古代桁橋의 構造的 發達에 관한 研究

A Study on the Structural Development of the Old Korean Girder Bridges

黃 鶴 周* · 金 瑾 變**
Hwang, Hak Joo · Kim, Keun Sob

Abstract

This study aims to systemize the development of the domestic girder bridges, and to contribute to the future construction of our own bridges. Bridges are analyzed by grouping them in terms of construction time and structural component. The bridges, which were constructed during the first era of Goryeo-dynasty, have no distinction between main beams and stone deck. Form the latter era of Goryeo-dynasty, the structure of the bridges began to separate into main beams and stone deck in order to enlarge the width and span length. The bridges, which were constructed during the Chosun-dynasty, were constructed using modulized material, and are considered to be built by structural design concept. Their construction materials became larger due to the development of transportation method. The superstructure of the old Korean bridges became more complicated in contrast to simplification of the substructures.

要 約

本 研究는 現存하는 韓國의 古代桁橋를 構造學的인 接近 方法에 따라 分析 研究하므로써 古代橋梁을 體系化하고 장래 우리나라의 獨創的인 橋梁發達에 기여하고자 한다. 橋梁의 構造學的 發達은 時代別과 橋梁構成別로 나누어 研究하였다. 時代別 發達을 보면, 高麗中期 以前에 建設된 橋梁은 構造學的으로 볼 때 上部構造가 主桁과 橋面의 區分이 없이 架設되었으나, 高麗後期에 建設된 橋梁부터는 橋幅을 넓히고 徑間을 長大化하기 위하여 主桁과 橋面을 分離하였다. 朝鮮時代에 建設된 橋梁은 施工資材가 規格化되었음을 볼 때 構造學的인 設計概念이 導入되었다고 判斷되며 아울러 運送技術의 發達로 資材의 크기도 점차 大形化되었다. 古代桁橋의 上部構造는 점차 複雜한 構造形態로, 下部構造는 單純한 構造形態로 發展되었다.

*正會員 · 延世大學校 工科大學 教授, 土木工學科

**正會員 · 延世大學校 大學院 博士課程, 土木工學科

1. 序 論

우리나라의 橋梁發達은 대체로 1900年을 前後하여 두 時期로 나눌 수 있다. 즉 그 以前에는 순수한 우리의 精神, 技術 및 資本에 의한 古代橋梁의 時期이고, 그 以後는 外國의 技術에 基礎한 近代橋梁의 時期이다.

本 研究에서는 現存하는 韓國의 古代桁橋를 構造學的인 接近方法에 따라 分析 研究하므로서, 古代橋梁의 發達을 體系化하고 장차 우리나라의 獨創的인 橋梁 發展에 이바지하고자 한다.

우리나라의 現存 古代橋梁은 構造學的으로 桁橋 또는 아치교의 形態를 取하고 있는데, 桁橋는 대체로 三國時代부터 朝鮮前期 사이에 建設되었으며, 아치교는 統一新羅時代 淸雲橋로부터 始作하여 朝鮮前期에는 宮闕橋梁의 建設로 그 工法이 多樣化되고, 朝鮮後期 많은 寺刹橋梁 및 一般橋梁에 使用되었다. 이처럼 現存 古代橋梁의 構造形式이 대체로 時代에 따라서 桁橋 및 아치교로 區分되어지는 바 本 論文에서는 現存하거나 그 遺址가 남아있는 桁橋의 時代別 및 橋梁 構成別 構造的 發達에 대하여 研究하고자 한다.

2. 時代別 桁橋의 構造學的 發達

2-1. 高麗中期 以前

現存하는 桁橋중 最古라 推定되고 忠北 鎮川郡 문백면 九谷里에 所在한 籠다리는 당초 28徑間의 橋梁이었으나 現在는 25徑間만 남았으며 現 橋長은 84 m이다. 橋脚의 流水方向 下端幅은 4.0-6.2 m, 流水直角方向 下端幅은 0.7-2.4 m이며 上段으로 오를수록 좁아지는 構造形態를 갖고 있다. 橋脚은 대체로 직경이 25-35 cm이며, 길이가 50-70 cm인 石材를 서로 엮을리도록 流水方向과 直角으로 架設하여 流水壓에 저항하게 하였다. 上部構造도 橋脚과 마찬가지로 검붉은 또는 탄갈색의 石材를 使用하였는데, 1개 石材의 크기는 대체로 길이 1.2-2.4 m이고, 넓이 0.6-1.3 m이다. 籠다리는 징검다리과 桁橋의 中間形態를 取한 橋梁이다⁽¹⁾.

慶州市 仁旺洞에 위치한 月精橋는 그 遺址만 있으므로, 정부가 실시한 月精橋址 發掘事業(1984-1986) 결과 수집된 약 2,500여점의 遺址를 中心으로 分析하면 4基의 橋脚과 南北에 각각 橋臺가 있

며, 南쪽 끝 橋脚과 橋臺사이의 河床에는 河床施設物이 있고, 橋長은 60.6 m이며, 중앙부 最大徑間은 12.6 m로 생각된다. 橋脚의 遺址를 中心으로 分析하면, 北측에서 첫번째 橋脚은 外型的 型態를 取하였다. 中央部의 橋脚 2基는 그 規模나 形式이 유사한 바, 現在는 消失되고, 內部에는 地臺石 부분만 남아있다. 南측 橋脚은 地臺石 및 丹型上部의 橋脚 1段이 原型대로 유지되어 있다. 各 橋脚은 兩端部에 正四角型的 石材를 놓고, 長臺石과의 사이에는 사다리꼴 石材들이 하나씩 設置되어 있다. 南측 橋臺와 인접 橋脚사이의 河床施設物은 정자형의 木材를 이용하여 이루어져 있으며, 木材를 사이는 不定形의 石材들을 利用하여 上部面을 평탄하게 하였는 바, 木材를 1區間的 크기는 약 2.55×2.68 m이며, 斷面은 1면이 약 30 cm정도인 正四角型的 形態로 되어 있다^(2, 3). 우리나라 대부분의 古代 아치교가 半圓型이라는 점을 감안할 때, 月精橋의 橋脚과 아치 構造를 합한 높이가 양측 橋臺보다 훨씬 높으므로 月精橋는 아치교라기 보다는 桁橋였다고 推定된다. 또한 石材를 利用하여 徑間 12 m의 橋梁을 建設하기는 당시의 技術水準으로는 난이하였으므로, 上部構造는 캔틸레버形式의 木造橋梁이었다고 推定된다.

개성 자남산 동쪽 善竹洞에 位置한 善竹橋는 高麗 太祖 1年(919)에 建設되었으며, 現在 具體的인 諸元 및 形態 등은 알 수 없으므로 寫眞을 中心으로 分析할 때 主桁과 橋面의 區分이 없는 單純橋이며 朝鮮 正祖 4年(1780)에 橋面의 일부에 鄭夢周의 碑를 2基 세우고 둘레에 石柵을 設置하였다⁽⁴⁾.

忠南 大川市 東大洞에 所在한 合川橋는 水深이 얇은 곳에 位置하므로, 橋脚은 長臺石을 堆여 建設하였으며 그 위에 磴보를 設置한 다음 板石을 2열로 깔아, 主桁과 橋面을 겹하도록 하므로써 實用性을 살린 單純橋이다⁽⁵⁾.

忠北 沃川郡 郡北面 增若里에 建設된 淸石橋는 橋幅 2.2 m, 높이 1.75 m, 橋長 9.83 m의 3徑間 單純橋로서, 橋梁名과 같이 淸石을 主 資材로 利用하였다. 橋脚당 2개의 支柱를 세우고, 그 위에 磴보를 設置한 다음, 매 徑間마다에는 넓은 板石을 2열로 놓아 主桁과 橋面을 겹하고 있고 板石사이에는 長臺石을 놓아 合川橋에 비하여 橋面이 평탄하다. 淸石橋는 新羅 文武王때 建設되었다고 전해지나 構

造 形態적으로는 高麗時代의 橋梁形式을 取하고 있다⁽⁶⁾.

忠北 淸原郡 文義面 文山里에 位置한 文義 石橋는 橋幅 2.75 m, 橋長 5.0 m, 높이 1.4 m의 2徑間 單純橋로써 橋脚上部에 磴보를 設置한 다음, 徑間당 5열의 板石을 놓으므로써 淸石橋에 비하여 橋面이 넓어지고, 橋脚이 單純化되었다⁽⁷⁾.

이처럼 高麗中期 以前에 建設된 橋梁은 橋梁建設技術의 發達로 上部構造가 主桁과 橋面의 區分이 없을 뿐만 아니라, 下部構造는 적은 크기의 많은 數의 資材를 利用하여 架設하므로써, 徑間이 짧고 橋幅이 좁다.

2-2 高麗後期

全南 咸平郡과 羅州郡 사이의 古幕川에 位置한 咸平 독다리는 橋幅 3 m, 橋長 19.2 m, 높이 2.1 m로서 6徑間 單純橋이다. 橋脚의 形態 및 使用된 資材數는 매 徑間마다 각기 相異한 바, 이는 施工資材에 맞추어 橋梁의 諸元을 決定하였기 때문이다. 橋脚 위에는 磴보를 架設한 후 主桁을 設置하고, 板石을 橫으로 놓아 橋面을 構成하였다⁽⁸⁾.

이처럼 高麗後期에 建設된 橋梁부터는 橋面과 分離하여 主桁을 별도로 設置하므로써, 徑間이 長大化되고 橋幅이 넓어졌으나, 橋梁의 諸元은 여전히 施工資材에 의하여 決定되었다.

2-3 朝鮮時代

忠北 淸州市 石橋洞에 位置한 南石橋는 現在 道路下部에 埋沒되어 있으므로, 1975년에 發掘한 結果 作成된 圖面과 埋沒 以前의 寫眞을 中心으로 分析할 때, 無心川에 높이 3.2 m, 폭 4.7 m의 橋臺를 構築한 後 橋脚 下部에는 基礎石을 놓았으며, 매 橋脚은 4개의 支柱로 構成되어 있는 바, 兩가측의 支柱는 1개씩의 長臺石을, 가운데 支柱 2基는 각각 2개씩의 長臺石을 利用하므로써 下部 構造의 構造學的 形態가 水標橋보다는 發達되고, 살곶이다리보다는 덜 發達된 橋梁이라고 判斷된다. 또한 南石橋는 徑間당 4열의 主桁사이에 3줄로 板石을 橫으로 設置하여 橋面을 形成한 單純橋로써 橋幅 3.5 m, 橋長 62.4 m의 35徑間 橋梁이다⁽⁹⁾.

서울 장충단공원에 位置한 水標橋는 橋幅 8 m, 橋長 26.8 m의 10徑間 單純橋로써 橋脚위에 磴보를 設置한 다음 徑間당 5열의 主桁위에 橫으로 上板石을 깔아 橋面을 만들었다⁽⁶⁾. 매 橋脚은 5개의 支

柱로 構成되어 있으며 매 支柱는 마음모 모양의 石材를 2段으로 設置하였다. 欄杆기둥에는 꽃봉우리 모양의 조각이 있으며 欄杆은 8角型의 회란석으로 構成되어있다^(10, 11).

漢陽大學校 뒷편에 位置한 살곶이다리는 橋幅 6 m, 橋長 75.7 m, 높이 2.5 m인 22徑間 單純橋로써 現存하는 옛 橋梁 중 最大이며, 매 橋脚은 單柱型 石材로된 4개의 支柱로 構成된 바, 그 중 가운데 支柱 2개는 兩가의 支柱보다 15-20 cm 또는 30-40 cm 씩 낮게 만들므로써 構造學的으로 橋梁의 死荷重을 內部로 向하게 하여 磴보의 이탈을 防止하였다. 磴보위에는 4열의 主桁을 設置한 後 板石을 깔아 橋面을 形成하였다^(12, 13).

水標橋와 살곶이다리는 朝鮮時代를 代表할 수 있는 桁橋로서 모두 世宗 2年(1420)에 着工하여, 水標橋는 즉시 完工된 반면, 살곶이다리는 着工 63년 後에야 竣工되었다. 따라서 살곶이다리는 水標橋보다 構造적으로 發達된 形態를 이루고 있다. 즉, 水標橋의 매 支柱는 마음모형의 石材를 2段으로 設置한 반면, 살곶이다리의 매 支柱는 1개의 長臺石만 使用하였다. 또한 橋梁의 規模를 보면 水標橋는 橋幅 8 m(橋脚 5열), 橋長 26.8 m의 10 m徑間 橋梁으로 든중한 形態를 取한 반면, 살곶이다리는 橋幅 6 m(橋脚 4열), 橋長 75.7 m의 22徑間으로써 세련된 모습이다. 水標橋의 基礎는 連續基礎이며, 橋脚의 支柱는 1번이 약 1 m 정도로 잘 다듬은 마음모꼴의 加工石인 반면, 살곶이다리의 基礎는 獨立基礎이며, 橋脚의 支柱는 長方形의 自然石으로서 下厚上簿의 圓錐形이다.

全北 곡성군 죽곡면 원달리 소재 泰安寺의 凌波閣木橋는 橋長 8.0 m, 橋幅 3.5 m의 單純橋로서 橋梁 上部에는 木材樓閣이 있다. 橋梁의 主桁은 밑변 약 60 cm, 높이 약 50 cm, 길이 10 m의 木材를 使用하였으며, 橋面은 亭子의 대청마루처럼 판자를 橫으로 깔았다. 橋面 위에는 左右에 幅 90 cm 정도로 통나무를 올려놓아 樓閣의 死荷重에 저항하고 있다.

이처럼 朝鮮時代의 桁橋는 橋幅이 더욱 넓어지고 徑間이 長大化하였을 뿐만 아니라 施工資材가 規格化한 것으로 보아 橋梁計劃時 設計方式을 導入하였다고 判斷되며 資材의 輸送 및 취급技術이 發達함에 따라 施工資材의 크기도 점차 大形化되

표 1. 桁橋의 橋梁別 構造의 特性 對比表

橋梁名	橋長(m)	橋幅(m)	徑間數	橋脚當支柱數	支柱當石材數	主桁有無	備考
籠다리	84.0	0.6-1.3	25	1	아주 많음	없음	
合川橋	20.0	2.3	6	1	1	없음	遺址만 있음
淸石橋	9.8	2.2	3	2	1	없음	隣近에 移轉
文義石橋	5.0	2.8	2	2	1	없음	隣近에 移轉
咸平독다리	19.2	3.0	6	2-3	2-10	있음	
南石橋	62.4	3.5	35	4	1-2	있음	埋沒되어 있음
水標橋	26.8	8	10	5	2	있음	장충공원으로 移轉
살곶이다리	75.7	6	22	4	1	있음	
泰安寺凌波閣木橋	8.0	3.5	1	-	-	있음	

있다.

古代 桁橋는 三國時代로부터 朝鮮時代に 이르기 까지 構造의인 發展을 거듭한 바, 現存 古代 桁橋의 각 橋梁別 橋長, 橋幅, 徑間數 및 主桁有無등 構造의 特性을 對比하면 표 1과 같다.

3. 橋梁 構成別 構造의 發達

現存하거나 그 遺址가 있는 桁橋의 橋梁 構成別 構造의인 發達을 下部構造는 橋脚을, 上部構造는 橋面을 中心으로 研究하면 다음과 같다.

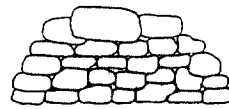
3-1. 下部構造의 發達

鎮川 농다리의 橋脚은 石材를 물고기의 비늘 또는 시골의 담장처럼 쌓아올린 形態를 가지고 있다. 水深이 얇은 곳에 建設된 合川橋는 長臺石을 流水의 方向으로 ぬ여 橋脚으로 活用하므로써 施工性을 고려한 構造形態를 取하고 있다. 淸石橋는 現在 橋脚支柱는 單柱石으로 되어 있으나, 이는 本來의 形態라 할 수 없다. 왜냐하면 橋面은 橋梁名처럼 淸石으로 되어 있으나, 現在의 橋脚은 花崗石인 점을 감안한다면 京釜線 鐵道 建設時 現 位置로 移轉할 때 새로운 橋脚을 세운 것으로 判斷된다. 文義石橋는 橋長 5m의 2徑間 小規模 橋梁으로써 높이는 1.4 m에 불과하므로 橋脚은 單柱石을 使用하였다.

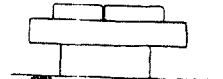
善竹橋는 北韓에 있으므로 下部構造를 알 수 없다. 咸平 독다리는 매 徑間마다 下部構造가 相異하나, 대체적으로 橋脚당 2-3개의 支柱로 構成된 바, 이는 建設資材와 施工性에 따른 構造形態라 할 수 있으며, 아울러 一部 支柱들은 水平部材에 의하여 橫으로 連結되어 있다. 南石橋의 橋脚은 각각 4基

의 支柱로 構成된 바, 兩가측의 支柱는 1개의 長臺石을 使用하였으며, 內측의 支柱들은 각각 2단으로 石材를 設置한 形態를 取하고 있다.

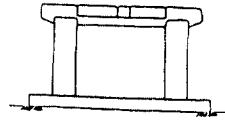
水標橋의 橋脚은 각각 5개의 支柱로 構成되어 있고 각 支柱는 마름모형 石材를 2段으로 設置하였으며, 流水의 저항을 減少시키기 위하여 뾰족한 部分을 前面으로 向하게 하였다. 살곶이다리의 橋



鎮川 籠다리 (* 三國時代)



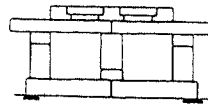
合川橋 (* 高麗中期 以前)



淸石橋 (* 高麗中期 以前)



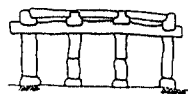
文義石橋 (* 高麗中期 以前)



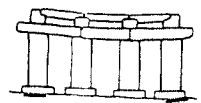
咸平 독다리 (高麗後期)



水標橋 (朝鮮前期)



南石橋 (* 朝鮮前期)



살곶이다리 (朝鮮前期)

(* : 推定年代임)

그림 1. 桁橋의 斷面 發達圖

脚은 각각 4개의 支柱로 構成되어 있고, 支柱당 1개씩의 長臺石만을 使用하였는 바, 가운데 2개의 支柱는 兩가의 支柱보다 15-20cm 또는 30-40cm씩 낮게 架設함으로써 橋梁의 死荷重을 內部로 향하게 하여 墜보의 이탈을 防止하였다.

그림 1은 上記된 橋梁들의 橫斷面圖이다. 그림에서 보는 바와 같이 發達初期에는 작은 크기의 많은 數의 資材를 使用하여 橋脚이 架設되었으나 점차 橋梁 建設工法이 發達함에 따라서 橋脚에 使用된 資材의 크기는 커지고, 數는 減少되었는 바, 이는 施工資材의 運搬이 용이해지고 淸급技術이 發達한 것에 기인한다고 判斷된다.

3-2. 上部構造의 發達

鎮川 籠다리는 길이 12~24 m, 넓이 0.6~1.3 m, 두께 21~40 cm의 평평한 板石을 매 徑間마다 1개씩 設置하여, 單純한 形態의 上部構造를 取하므로써 構造의 中間的인 形態를 갖고 있다. 合川橋는 墜보 위에 2열의 板石을 나란히 設置하여 主桁과 橋面의 平坦性이 향상되

고 板石사이의 틈이 減少되는 發達을 가져왔다. 文義 石橋는 徑間當 5열의 板石을 架設하므로써, 橋幅이 2.75m까지 넓어졌다.

咸平 독다리부터는 主桁과 橋面이 分離되므로써 徑間이 長大化되고 橋幅이 넓어지는 發展을 가져왔는 바, 墜보위에 3열의 主桁이 있으며, 板石을 主桁과 直角方向으로 設置하여 橋面으로 活用하였다.

水標橋와 살곶이다리는 主桁이 각각 5열 및 4열씩으로 高麗時代의 橋梁에 비하여 橋幅이 훨씬 넓으며 橋面의 平坦性이 뛰어나다.

그림 2는 각 橋梁들의 平面圖이다. 그림에서와 같이 發達初期에는 主桁과 橋面의 區分이 없이 設置되므로써, 徑間이 짧고 橋幅이 좁았을 뿐만 아니라 橋面이 平坦하지 못하였다. 그러나 점차 橋面과 分離하여 主桁을 別途로 架設하므로써 徑間이 長大化되고 橋幅이 넓어졌을 뿐만 아니라 橋面이 平坦해지므로써 通行이 便利하게 되었다.

4. 古代 橋梁의 構造의 安定性

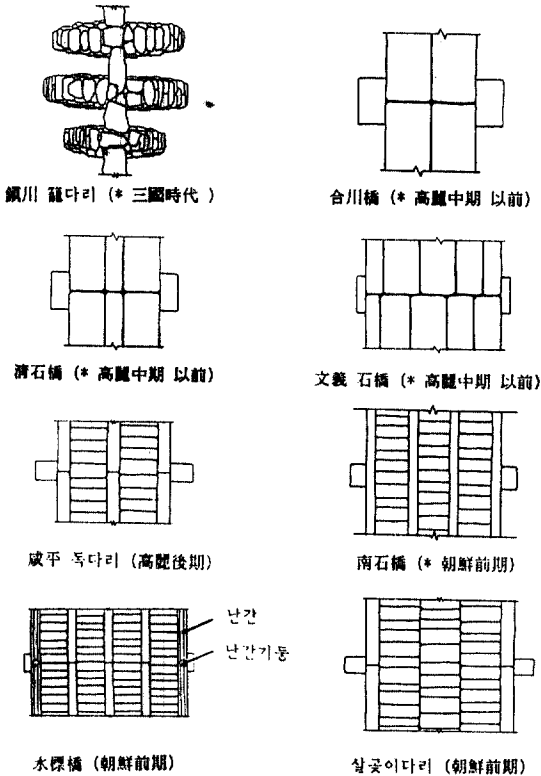
古代 桁橋의 構造의 安定性을 檢討하기 위해 水標橋를 예로 들어 許容支持力을 檢討하였다. 水標橋는 花崗岩으로 構成되어 있으며, 花崗岩의 許容壓縮應力은 110 kg/cm^2 , 許容引張應力은 14.2 kg/cm^2 으로 推定하였다. 現在의 斷面을 利用하여 橋梁自重의에 單一 集中荷重이 作用할 경우와 等分布荷重이 作用할 경우의 許容支持力을 算定한 結果 약 1480 kg의 集中荷重, 또는 0.165 kg/cm 의 等分布荷重을 支持할 수 있는 것으로 判斷된다. 그러나 當時의 荷重形態가 사람이나 牛馬車등임을 考慮해 볼 때 이 橋梁은 충분한 安定性을 가졌다고 할 수 있다.

現存하는 古代 아치교에 대하여도 曹炯俊(1983)⁽¹⁴⁾이 昌德宮 錦川橋를 대상으로 3等橋 荷重(D-9)을 載下하여 構造의 安定性을 分析한 結果 現在의 斷面은 適定斷面의 약 24배로서 상당히 여유있게 設計된 橋梁이라 볼 수 있다.

위의 計算結果에서 볼 때 다른 古代 橋梁들도 그 當時의 荷重形態下에서는 매우 큰 安定性을 갖고 設計되었다고 判斷된다.

5. 結 論

本 研究에서는 現存하거나 그 遺址가 있는 우리



(* : 推定年代임)

그림 2. 桁橋의 平面 發達圖

나라의 古代桁橋를 時代別 및 橋梁構成別로 區分하여 構造的으로 分析하였고 結論은 다음과 같다.

5-1. 時代別 特性

(1) 高麗中期 以前에 建設된 桁橋는 上部構造가 主桁과 橋面의 區分없이 單純하게 構成되었으며 下部構造는 複雜한 形態이다.

(2) 高麗後期에 建設된 橋梁부터는 徑間을 長大化하고 橋幅을 넓히기 위하여 上部構造가 主桁과 橋面으로 分離되었으나, 橋梁의 諸元은 여전히 施工資材에 依存하였다.

(3) 朝鮮時代에 建設된 桁橋는 橋梁의 施工資材가 規格化한 것으로 보아 構造學的인 設計方式이 導入되었다고 推定되며, 運送技術의 發達로 施工資材의 크기도 점차 大形化 하였다.

5-2 橋梁 構成別 特性

(1) 下部構造는 점차 構造的으로 單純化 되었다. 즉, 橋梁發達 初期에는 작은 規格의 많은 資材를 使用하여 橋脚을 設置하였으나 점차 施工資材는 大形化되고 數는 減少되었다.

(2) 上部構造는 점차 構造的으로 複雜해졌다. 즉, 橋梁의 發達 初期에는 橋面과 主桁의 區分없이 單純한 形態를 取하였으나, 점차 이들이 分離되므로써 徑間이 長大化되고 橋幅이 넓어지므로써 近代 橋梁에 비슷한 構造로 되었다.

參考文獻

1. 忠淸北道, “忠北의 文化財”, p. 166.
2. 정재훈, “慶州 月精橋 遺址 調査”, 文化財, 제9호, 1975, pp.74-79.
3. 慶州市, “月精橋紙”, 1986.
4. 서울特別市, “서울의 다리”, 1988, p.16.
5. 潘永煥, “韓國의 다리(1-25)”, 서울評論, 제35호-제39호, 서울신문사, 1974.
6. 忠淸北道, “文化財誌, 古蹟欄”, 1965, p.425.
7. 김의원, “역사속의 옛다리”, 國土의 建設, 大韓建設進興會, 1988, 6, pp.67-67.
8. 咸平郡, 咸平郡史, pp.259-260.
9. 淸州市, 淸州市誌, pp.1256-1258.
10. 丁忠植, “우리나라의 옛 다리에 관한 小考”, 韓國庭園學會誌, 1982, 1권 1호, pp. 96-103.
11. 黃鶴周, “韓國의 橋梁史에 관한 研究”, 大韓土木學會誌, 제24권, 제3호, 1976, pp.93-103.
12. 張慶浩, “살곶이 다리 補修工事 報告”, 文化財, 제7권, 1973, pp.162-183.
13. 한창도, “살곶이 다리에 대하여”, 향토서울, 제30호, 1967, pp.69-89.
14. 曹炯俊, “古代 石造 아치 橋梁의 力學的 特性에 관한 研究—昌德宮 錦川橋를 中心으로—”, 延世大學校 大學院 碩士學位論文 1983.

(接受: 1990. 1. 11)