Journal of the Korean Housing Association
Vol. 13, No. 6, 2002

일본 전통건축 처마곡선 설계법의 특성

The Design Method of Eaves Camber in the Japanese Traditional Architecture

麓和善*　　김동영**
Humoto Kazuyoshi　　Kim Dong-Young

Abstract

Design of eaves has been considered to be very important to construct the exterior shape of the Japanese traditional architecture. While many Japanese architectural books were written in Edo and Meiji eras, the book about eaves camber design method was not found until "Banshouke Kayaoisori Mitugousinri", which was written by Tousai Kiko in 1864. After this historic writing, 12 books had been written consequently. This research aims to universalize the traditional eaves camber design method by the adoption of functional equation, and attempts to search the ways of practical application. Proposed functional equation is examined and verified by the comparison with the measures of architectural artifacts by computer analyzing.

Keywords : Japanese Traditional Architecture, Eaves Camber, Kikujutu(規矩術)

I. 서　론

동양건축 특히, 중국, 한국, 일본 전통건축에서 처마곡선은 건축물의 외관 구성에 중요한 역할을 하고 있다. 그리고 각국의 전통건축물은 특유의 처마곡선을 가지고 그 아름다움을 나타내고 있다. 한편 일본에서는 예로부터, 지붕의 처마곡선을 정확하게 마감하는 기술을 「規矩術」이라 하는데, 다른 나라들과 마찬가지로 여기에는 장인의 감성과 기술의 정수가 담겨져 있다.

근대가 되면서, 일본에서는 많은 건축관계 서적이 발간되는 가운데, 「規矩雛形」[1]도 『番匠秘事 曲尺追加』(兒玉重規 著, 享保8年(1723), 일본국회도서관 소장)을 효시로, 메이지시대까지 80권이상 이나 저술되었다. 이 「規矩雛形」에는, 처마 구성부재의 위치 정하기에서부터 평행서까래의 모서리 마감과 선자형서까래의 간격에 관한 것 등이 기술되어 있다. 그리고 그러한 내용들은 文政期(1825년경)에서 嘉永期(1850년경)에 걸쳐, 뛰어난 수학가이면서 도편수였던 平內家 제10대 延臣에 의해, 『匠家矩術要解』(天保4年(1833), 일본국회도서관 소장)가 저술되어, 수학적으로도 완성을 보게 된다. 그렇지만, 처마곡선 설계법에 관한 내용보다는, 예로부터 전해오는 장인의 감성에 의한 것이라는 내용만 주로 기술되어 있다. 그런데, 중세 이래의 명문 도편수의 기술을 전승하고, 수학에도 정통하였던 木子棟齊는, 元治 元年(1864)에 『番匠家 茅負反り密合眞理』를 저술하고, 이론적 완성을 본 規矩術의 최종단계로서, 기하학적 작도법에 의한 처마곡선 설계법을 제안하였다. 이후, 이것을 계기로, 메이지(明治)시대에 7권, 쇼와(昭和)시대에 4권, 이상 11권의 사료에, 기하학적 작도법 혹은 함수곡선에 의한, 처마곡선 설계법이 소개되게 된다[2].

規矩雛形에 관한 종래의 연구로는, 다수의 문화재

* 나고야공업대학 건축과 조교수, 공학박사
** 대구가톨릭대학교 건축학과 조교수, 공학박사
※본 연구는 2001년도 대구가톨릭대학교 연구비지원에 의한 것임

1) 規矩 등의 조직과 구조를 내용으로 한 江戶(에도)시대 목판본을 일컬음.
2) 본호에서 거론되는 사료는 조금이라도 새로운 견해를 나타낸 것으로 한정하고, 예전 사료의 완전한 인용에 그친 것은 생략한다.

보존수리공사에 관여하고, 근대 規矩術의 선정 보존기술보유자로 인정받은 上田虎介씨에 의한 연구[3]와 狩野勝重박사[4], 伊藤平左衛門박사[5]의 연구 등이 있는데, 모두가 대표적 規矩術書에 대한 해석을 중심으로 기술되어 있고, 그 밖에 大岡 實 박사의 茅負曲線の心反り技法に關する考察[6] 등이 있는데, 처마곡선 설계법에 대해서는 기술되어 있지 않다.

본 연구에서는 우선 상기사료에서 거론된 처마곡선 설계법을 소개하고, 기하학적 작도법을 함수식으로 치환된 개량식을 만들어, 유구의 실측데이터에 의한 곡선과의 근사도를 해석하여 가장 오차가 적은 범용성을 갖는 최적안을 찾아보기로 한다.

II. 처마곡선 설계법 기재사료와 내용

1. 番匠家 茅負反り密合眞理(滑川市立박물관 岩城家文書藏)

권두에 「番匠家/茅負反り密合眞理/嘉永元(1848)戊申歲秋發明/側円以爲之/元治元(1864)甲子年2月眞理捷徑ヲ/發明隨円用是左ニ」 (/표시는 改行, 이하동일)이라고 서술되어 있고, 처마설계법이 도해되어 있다.(그림 1) 그리고, 「木子藤原棟齊」란 서명이 있고, 그다음에 박공 곡선설계법이 부가되어 있다.

휨 시작점의 「수직선」 위에 중심을 갖는 원호를 만들고, 그 원호를 수평방향으로, 1:2:3:・・:n으로 등차수열비의 간격으로, 동심원과 평행으로, 휨 시작점에서 끝점까지의 서까래수와 동수로 분할한다(이 경우 16). 각점에서 내린 수직선으로 원호상의 교점을 구한다. 그리고 수평간격은 서까래 하나의 간격과 등분할 되도록 하여, 교점에서 수평방향으로 연장하여 생기는 곡선을, 처마곡선으로 하는 것이다.

곡선은 초가처마 상단, 하단 등이 그려져 있으며, 예를 들면 초가처마 하단에 적용된 호의 반경은 1丈

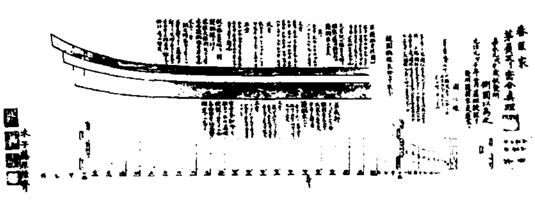


그림 1. 木子案

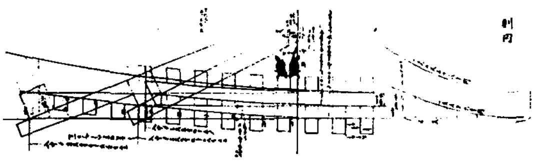


그림 2. 松田案

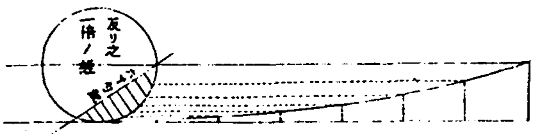


그림 3. 柴田案

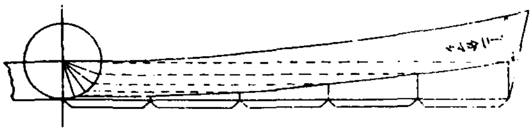


그림 4. 齊藤案

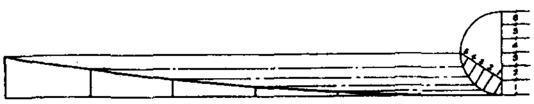


그림 5. 山本案

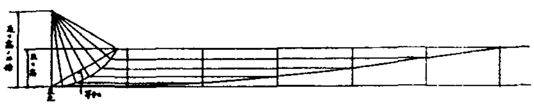


그림 6. 角南I案

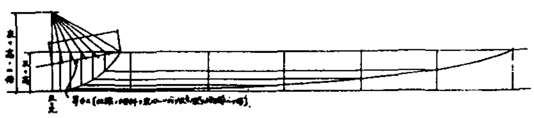


그림 7. 角南II案

3) 上田虎介:「小林源藏 著 獨稽古 隅矩雛形 전3권 해설, 附圖」, 私家版, 1975.11. 同: 「極秘六角雛形 1折 해설」, 私家版, 1976.11. 同: 「西村權右衛門 著 大工雛形 秘傳書圖解 상권 해설」, 私家版, 1977.9. 同: 「日本建築規矩術(近世規矩)」, 私家版, 1982.9.
4) 狩野勝重:「江戶科學古典叢書16 隅矩雛形/規矩新書」, 恒和出版, 1978.10. 同:「江戶科學古典叢書35 大匠手鑑/秘傳書圖解/大工規矩尺集」, 恒和出版, 1982.2.
5) 伊藤平左衛門:「匠家規矩要解 校訂, 解題」, 私家版, 1983.11.
6) 大岡 實: 「日本建築の意匠と技法」 -茅負の技法に關する二, 三の問題, 中央公論美術出版, 1971.10, pp.126-142

3尺7寸7分1厘42857余로 기록되어 있다(그림 1). 이하 이것을 「木子案」이라 한다.

2. 軒廻規矩之圖 (滑川市立박물관 岩城家 文書藏)

표지제목은「軒廻規矩之圖 全」, 책제목은「規矩 渾沌舍」으로 되어 있다. 또 책머리에 「松田信義之圖按」의 서명이, 책말미에 岩城庄之丈의 각인이 있다. 松田信義와 岩城庄之丈는 메이지시대의 東本願寺 재건에 관여하였고, 이 시기 즉 메이지17년경에, 岩城庄之丈가 다른 사료와 함께 傳寫 혹은 전승한 것으로 판단된다[7].

원본의 성립연대는 木子棟齊의『番匠家 茅負反り密合眞理』가 저술된 이후였을 것으로 사료되지만, 에도(江戶)시대 말기까지 거슬러 올라갈 가능성도 있다.

기재된 수법은, 木子案에서의 원호를 등차수열의 비로 수직선을 분할하는 것을, 등간격으로 분할한다(그림 2). 그 외는 木子案과 같은 사고방법으로, 원호의 반경은 처마하단이 1丈5尺6寸원이라는 실치수로 기재되어 있다. 이하, 이것을「松田案」이라 한다.

3. 建築傳法 早割大工雛形 (일본 국회도서관 소장 외)

메이지11년(1878)12월, 京都府 평민 秋龍友吉이 저술하고, 大阪府 평민 矢野吉兵衛의해 출판되었다.

이 책에 기재된 수법은, 松田案과 동일하지만, 원호의 반경은 실치수가 아니라, 휨 시작점에서 끝점까지 수평거리의 1/2로 하였다.

4. 匠工必携 (일본 국회도서관 소장 외)

메이지19년(1886) 6월 15일에 판권면허를 받아, 京都府 평민 柴田四子吉이 저술하고, 柴田吉次郎와 山內正次郎에 의해 출판되었다.

이 수법은, 우선 휨 시작점의 수직선상에 중심을 갖고, 휨 높이를 반경으로 하는 원을 그리고, 이 원과 휨 끝단을 지나는 수평선과의 교점에서, 수평선과 30° 기울기의 직선을 그어 현을 만들고 등분할한다. 그리고 각점에서 호에 수직선을 긋고 원호상의 각점간 수평거리를 등간격으로 하여, 일정의 휨길이까지, 수평방향으로 연장시켜 이루는 곡선을 처마곡선으로 하는 것이다(그림 3). 이하 이것을「柴田案」이라 한다.

5. 巧道助術新錄初編 下之巻 (동경대학소장 외)

메이지23년(1890)년10월, 京都府 평민 木子棟齊가 저술하고 寺田榮助에 의해 인쇄되었다. 초편 3권, 2편 4권, 3편 4권의 전 10권 구성중의 한권이다. 4편을 출판중 5편은 미완성인 채로 木子棟齊는 운명을 달리한다[8].

이 책은 棟齊가 청년기에 저술한 筆寫本『容合好捷經因率』(嘉永5년(1852))·唐博風造因率』(嘉永5년(1852))·『切妻博風因率』(嘉永7년(1854))·『番匠家 茅負反り 密合眞理』(元治元年(1864))등을 집대성한 것이다.

처마곡선 설계법으로는 상기의『番匠家 茅負反り密合眞理』와「木子案」에서 원호의 반경과 분할수를 바꾼 것이 적혀져 있다. 더욱이 이 방법은 木子가 실제로 이용한 예로서, 메이지시대 재건하였던 東本願寺 종루 및 阿彌陀堂의 처마곡선에 관한 서술이 있다.

6. 日本建築術に於ける曲線の性質を論る(일본건 축술의 곡선성질을 논한다, 일본건축 학회잡지, 제95호)

메이지27년(1894), 伊東忠太가 대학원생의 때에, 건축잡지 제93, 95, 104호에 연재하였는데, 그 중의 제95호는 일본건축에 적용된 곡선을 함수를 이용하여 표현하려고 시도한 것이었다.

처마곡선에 대해서는 중앙부에서 반드시 수평일 필요는 없다, 즉 중앙에서 미묘한 꺽임이 있는 고대의 모든 휨을 가정한 뒤에, 함수후보로 ①현수선 ②타원 ③지수함수 곡선을 제시하고, 최종적으로 지수함수 $Y = a^x$를 제안하였다. 이하, 이것을「伊東案」이라 한다.

7. 日本建築圖譜 (일본 국회도서관 소장 외)

메이지38년(1905)9월, 동경고등공업 교원 齊藤兵次郎에 의해 저술되어, 일본 信友堂서점에서 발매되

7) 松田信義 및 岩城庄之丈는, 東本願寺明治度造營관계 기록의 「兩堂欽始式次第書 明治13년庚辰10월」,「御影堂御柱立式御手帳 明治17년4월」에 그 이름이 기록되어 있고, 造營에 관여하였던 사실이 확인 가능하다. (「明治度조영관계자료」- 東本願寺, 사단법인 眞宗大谷派 本廟유지재단발행, 1978.5, pp. 302-304 참조).

8)「故木子棟齊 翁 小傳」(건축잡지:일본건축학회지 제77호, 明治27년) 참조

었다. 상(설명)·하(그림)의 2권으로 되어있다[9].

처마곡선 설계법은 다음의 2안이 개제 되어있다.

①柴田案으로, 현의 경사를 30°로 하는 것.

②휨 시작점의 수직선상에 중심을 갇는 원을 그려, 원호의 중심각을 동일하게 되도록, 즉 호의 길이를 등간격으로 분할한다. 그 다음은 다른 안과 마찬가지로, 일정의 휨 길이까지 수평방향으로 연장하여 처마곡선으로 한다(그림 4). 이하 이것을 「齊藤案」이라 한다.

8. 日本建築語』

메이지39년(1906)6월, 中村達太郎에 의해 저술되어, 일본의 丸善출판사에서 출판된 건축사전으로, 그 중의「처마」라는 항목에, 처마곡선에 관한 기술이 있다.

타원의 일부를 사용하는 것을 제안하고, 서까래수 n을 변수로 하는 아래의 수식을 제시하였다. 이하 이것을 「中村案」이라 한다.

$$r = \frac{n^2(n+1)^2 + f^2}{2f} \tag{1}$$

$$R = \frac{cr}{\sqrt{f(2r-f)}} \tag{2}$$

(r: 短半徑, R: 長半徑 f: 휨 높이 c: 휨길이)

c를 n등분한 때, m번째의 휨 높이는,

$$r\left(1 - \frac{\sqrt{n^2R^2 - (mc)^2}}{nR}\right) \tag{3}$$

9. 日本建築規矩術 (일본 국회도서관 소장 외)

幕府 도편수 建仁寺流 제12대 大島盈株의 유작을 昭和4년(1929)12월, 渡·虎一·田邊 泰·山本一次의 공저로, 遺作圖간행회에서 발행된 것이다.

처마곡선 설계법은, 다음의 6안이 도시되어있다.

① 齊藤案에서 원호의 반경을 휨 높이의 2배로 하는 것
② 齊藤案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
③ 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
④ 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이의 2배로 하는 것
⑤ 柴田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
⑥ 木子案에서 원호의 반경은 크게 특히 반경의 정수배로는 의식하지 않을 것

그리고, ①과 ②의 齊藤案은 不可라고 되어 있는데, 뒷설명의 「壹卜軒茅負反り形」에서는 ④ 松田案을,「出隅貳軒 繁棰軒廻り圖 その貳」에서는 ①의 齊藤案을 적용한 그림이 개제되어 있다.

10. 規矩術 (일본 국회도서관 소장 외)

昭和 9년(1934) 2월, 山本一次가 저술하고, 일본 大倉書店에서 발행되었다.

처마곡선 설계법은, 다음의 7안이 개제되어 있다.

① 齋藤案에서 원호의 반경을 휨 높이의 2배로 하는 것
② 齋藤案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
③ 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이의 2배로 하는 것
④ 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
⑤ 휨 시작점의 수직선상에 중심을 갖는 원(여기에서는 반경이 휨 높이와 동일하다)을 그리고, 직경을 수직선상에서 n(여기에서는6)등분한다. 다음으로 휨 끝단을 지나는 수평선과 원호의 교점에서, 수직선상에서 등분된 점의 아래에서 첫번째 점까지 직선으로 연결하여, 그 사이를 (n-1)등분하고, 각 점에서 이 직선과 직각으로 선을 그어 원호 위에 각 점을 투영한다. 그 다음은 다른 안과 마찬가지로, 일정의 휨 길이까지 수평방향으로 연장하여 처마곡선으로 한다(그림 5). 이하, 이것을 「山本案」이라 한다.
⑥ 柴田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것
⑦ 木子案에서 원호의 반경을 휨 높이의 4배로 하는 것

9) 「日本建築規矩術」의 전내용을 완전하게 인용한 사료로, 池田仲次郎: 「速成熟達 大規矩」, 大正10년3월, 일본국회도서관 소장외 가 있다.

11. 社寺建築」(『고등건축학 8』)

昭和 9년(1934) 4월, 神社廳관계에서 많은 뛰어난 작품을 설계한 角南 隆이 저술하고, 일본 常磐書房에서 발행되었다.

처마곡선 설계법은, 그림으로 된 것만 있는데, 江戶(에도)시대의 수법으로서, 다음의 4안이 개제되어있다.

① 휨 시작점의 수직선상에 중심을 갖고, 반경을 휨 높이의 2배로 하는 원호를 그리고, 그 원호와 휨끝단을 지나는 수평선과의 교점에서 휨 시작점을 잇는 현위에 등분할하여, 그 각점과 원의 중심을 잇는 직선에 의해 원호를 분할한다. 그 다음은 다른 안과 마찬가지로, 일정의 휨길이까지 수평방향으로 연장하여 처마곡선으로 한다(그림 6). 이를 「角南I案」이라 한다.

② 柴田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것

③ 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이와 같게 하는 것

④ 휨 시작점의 수직선상에 중심을 갖고, 반경을 휨 높이의 2배를 하는 원호를 그려, 그 원호와 휨 끝단을 지나는 수평선과의 교점에서 임의의 기울기로 직선을 그려, 휨 시작점의 수평방향과 교점까지를 등분할한다. 각 점과 원호의 중심을 잇는 직선을 그어, 이것과 휨 끝단을 지나는 수평선과의 각 교점에서 수직선을 그어 원호를 분할한다. 그 다음은 다른 안과 마찬 가지로, 일정의 휨 길이까지 수평방향으로 연 장하여 처마 곡선으로 한다. 그리고 임의의 기 울기의 직선에 대하여, 「此線ノ傾斜ヲ變ズル ニヨリテ反リノ度ヲ加減スルヲ得(이 선의 기울기를 변화시킴에 따라 휨의 정도를 가감할 수 있다)」으로 쓰여있다(그림 7).

이하, 이것을 「角南II案」이라 한다.

단 角南자신이 본문 중에 「본래 자유스런 휨 곡선을 이러한 기계적인 방법으로 간단하게, 단지 2차 곡선만으로 하려고 하는 것은 곡선의 맛에 무리가 있다」고 비판적으로 서술하였다.

12. 實際應用規矩術 (일본 국회도서관 소장 외)

昭和9년(1934)10월, 小林政吉에 의해 저술되었고, 須原屋서점에서 발행되었다.

표 1. 사료별 처마곡선 설계법

	사료명	기하							함수	
		木子案	松田案	柴田案	齋藤案	山本案	角南I案	角南II案	伊東案	中村案
1	「番匠家 茅負反り密合眞理」	●								
2	「軒廻規矩之圖 全」		●							
3	「建築傳法 早割大工雛形 全」		●							
4	「匠工必携 全」			●						
5	「巧道助術新錄初編 下之卷」	●								
6	「日本建築術に於ける曲線の性質を論る」								●	
7	「日本建築規矩術」			●	●					
8	「日本建築辞彙」									●
9	「日本建築圖譜」	●	●	●	●					
10	「規矩術」		●		●	●				
11	「社寺建築」		●	●			●	●		
12	「實際應用規矩術」	●	●							

처마곡선 설계법에 대해, 다음의 2안이 개제되어 있다.

① 松田案에서 원호의 반경을 휨 높이의 2배~4배가 되는 것.

② 木子案에서 원호의 반경을 휨 높이의 4배로 하는 것.(휨 높이 6寸과 8寸의 2가지 예)

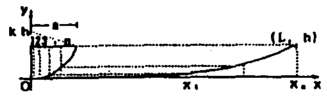
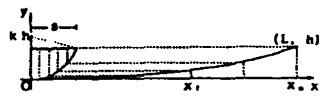
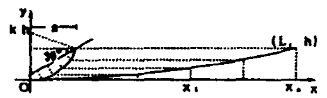
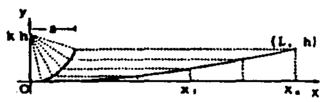
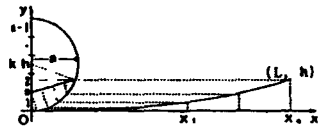
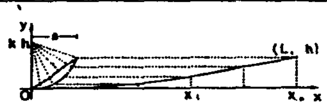
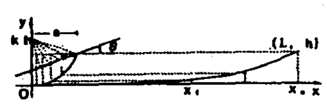
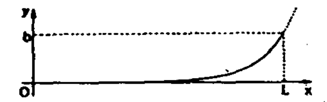
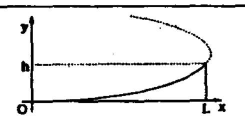
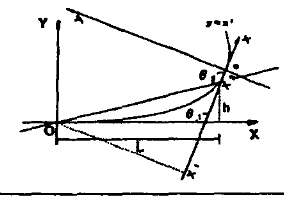
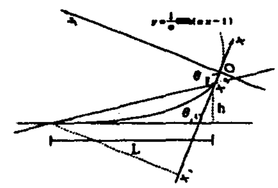
각각 처마내밀기·휨 높이·분할수 등을 구체적으로 나타내고, 각 점의 계산식이 쓰여져 있다.

이상, 12사료에 기재된 처마곡선 설계법을 종합해 보면, 표 1과 같으며, 기하학적 작도법의한 7개안, 함수곡선의 일부를 적용한 2개안, 총 9개안이 된다.

III. 함수식으로 치환(개량식)

상기의 처마곡선 설계법 중,「木子案」·「松田案」에는 원호의 반경이나 분할 수가 실치수로 기재되어 있고, 더욱이 『巧道助術新錄初編 下之卷』에 東本願寺 鐘樓·阿彌陀堂의 예가 기재되어 있지만, 그 외는 설명의 편의상 원호의 반경이 휨 높이와 같거나 혹은 2배, 분할 수 5~6 정도로 되어있지만, 구체적인 설계에서는 이들의 최적치가 표현되어 있지는 않다. 뛰어난 신사, 사찰건축 설계자였던 角南 隆이, 이러한 기하학적 작도법에 무리가 있다고 평한 것처럼, 어

표 2. 처마곡선 설계법 일람

도해	개량식	변수
木子案 	$y=kh-h\sqrt{k^2-\frac{(2k-1)(nx+L)^2x^2}{L^4(n+1)^2}}$ $(0\leq x\leq L)$	k · n
松田案 	$y=kh-h\sqrt{k^2-\frac{2k-1}{L^2}x^2}$ $(0\leq x\leq L)$	k
柴田案 	$y=\frac{1}{4L}\{\alpha x+3Lkh-\sqrt{(\alpha x+3Lkh)^2-4\alpha^2x^2}\}$, $\alpha=h(1+\sqrt{6k-3})$ $(0\leq x\leq L)$	k
高橋案 	$y=kh\{1-\cos(\frac{\theta}{L}x)\}$ $\theta=\cos^{-1}\frac{k-1}{k}$ $(0\leq x\leq L)$	k
山本案 	$y=\frac{1}{\cot^2\theta+1}\{\alpha+r\cot^2\theta-\sqrt{(\alpha+r\cot^2\theta)^2-\alpha^2(1+\cot^2\theta)}\}$ $\tan\theta\frac{h-\frac{r}{n}}{a}$, $\alpha=h\{(1+\frac{2k-1}{\tan\theta}-\frac{2k}{n})\frac{nx-L}{L(n-1)}+\frac{2k}{n}\}$ $(\frac{L}{n}\leq x\leq L)$	k · n
角南 I 案 	$y=kh-\frac{kh(kL-x)}{\sqrt{(x-kL)^2+(2k-1)x^2}}$ $(0\leq x\leq L)$	k
角南 II 案 	$y=kh-h\sqrt{k^2-\frac{(2k-1)(1-k)^2x^2}{\{2k-1(x-L)\tan\theta+L(1-k)\}^2}}$ $(0\leq x\leq L)$	k, θ
伊東案 	$y=\frac{a^{(x-L)}-a^{-L}}{1-a^{-L}}h$ $(0\leq x\leq L)$	a
中村案 	$y=r(1-\frac{\sqrt{R^2-x^2}}{R})$ $r=\frac{n^2(n+1)^2+h^2}{2h}$ $R=\frac{Lr}{\sqrt{h(2r-h)}}$ $(0\leq x\leq L)$	r
포물선 	$Y=\frac{\alpha-\sqrt{\alpha^2-\beta}}{2a\sin\theta_1}$ $\begin{cases}\alpha=-\cot\theta_1-(2x_1-2X\cos\theta_1)a\\ \beta=4a(aX^2\cos^2\theta_1+X\sin\theta_1-2aXx_1\cos\theta_1)\\ \tan\theta_2=\frac{\tan\theta_1+k}{1-\tan\theta_1\cdot k}\end{cases}$ $\begin{cases}a=\frac{\tan\theta_2-\tan\theta_1}{S\cos\theta_1}\\ x_1=\frac{\tan\theta_1}{2a}\end{cases}$ $(0\leq X\leq L)$	θ_1
현수선 	$\begin{cases}y=\frac{1}{\alpha}\{\cosh(\alpha x)-1\} & ①\\ \frac{dy}{dx}=\sinh x=\frac{e^{\alpha x}-e^{-\alpha x}}{2}=\tan\theta_1 & ②\end{cases}$ $\begin{cases}\sqrt{h^2+L^2}\cos(180°-\theta_2)=\frac{1}{\alpha}(x_2-x_1) & ④\\ y=\tan\theta_2 x+y_1-\tan\theta_2 x_1 & ③\end{cases}$ ①②③④의 해를 $(180°-\theta_1)$ 회전 $(x_1\leq x\leq x_2)$	θ_1

느 정도의 실용성 혹은 범용성이 있는 지는 의문이다.

이러한 배경에서, 이들 안에 보편성을 갖도록 하기 위하여, 함수식으로 치환시킨 개량안을 제안하려고 한다. 함수식으로 치환함으로서, 작도가 가능하게 되고, 변수를 변환시킴으로서 자유자재로 곡선을 변화시키는, 즉 보편화가 가능하게 된다.

휨 시작점을 원점, 수평방향으로 X축, 수평방향으로 Y축, 휨 시작점에서 휨끝단까지의 수평거리를 L, 휨 높이를 h, 원호의 반경을 휨 높이의 배수로 $r = kh$, 분할수를 n으로 하면, 각 안은 각각 표 2의 개량식처럼 나타낼 수 있다.

「木子案改良式」·「山本案改良式」의 변수는, (분할수)와(원호의 반경/휨 높이)로 된다.

「松田案改良式」·「柴田案改良式」「齋藤案改良式」·「角南I案改良式」의 변수는, k(원호의 반경/휨 높이)만으로 되고, 분할수 n은 곡선의 성질에는 관계하지 않는다.

「角南II案改良式」의 변수는, k(원호의 반경/휨 높이)와 θ(등분할선의 경사)로 된다.

지수함수곡선을 적용한「伊東案」은, $Y = a^x$로 Y축과의 교점이 휨끝단, $(-L, a^{-L})$이 휨 시작점으로 되기 때문에, 이들을 다른 안과 마찬가지로, 휨 시작점을 원점으로 하는 좌표축으로 치환하여, 휨 높이를 h로 하는 식으로 변환한다. 「伊東案改良式」의 변수는 a가 된다.

「中村案」은 변수를 서까래수로 하고, 서까래수에 의해 작은 반경이 정해지는데, 서까래수에 의해 처마곡선이 단일하게 결정되면 일반성이 없어지기 때문에, 다른 안과 마찬가지로 작은 반경 r을 변수로 하는 식으로 변한다.

이상의 예전에 제시된 안의 개량식과 더불어, 「현수선」과 이것과 유사한 곡선인 「포물선」도 비교의 대상으로 한다. 단, 이것들은 모두 곡선의 접선이 X축, 접점이 원점이 되도록, 좌표의 평행이동과 회전을 위한 변환을 행한다. 변수는 곡선의 접선과 변환전의 X축과의 각도 θ_1으로 된다.

IV. 개량식과 실측데이터의 비교

함수식으로 치환된 개량식으로 곡선을 유출하여, 실측데이터에 의한 처마곡선과 근사도를 검토하여, 가장 오차가 적은 개량식을 밝혀내기로 한다.

1. 분석방법

실측데이터로 중요문화재 건조물의 해체수리시에 작성된 規矩圖가 가장 정확하다고 판단되었기 때문에, 社寺건축을 중심으로 총 170도면을 수집하였다. 그리고, 본연구에서는 이들 규구도에 기재된 초가처마 下外角의 곡선을 처마곡선으로 적용하였다.

휨 시작점과 종점을 지나는 것을 조건으로, 유구와 각설계법의 곡선이 가장 근사하는 변수의 값을 최소 2승법으로 구한다. 결국, 규구도에 그려진 곡선상의 m개의 점을, 휨 시작점을 원점으로 하는 좌표 (x_i, y_i)로 표시하고, 상기 각수법의 식을 $y = y(x)$로 할 때, $\Delta = y_i - y(x_i)$의 2승합 $f = \Sigma(\Delta y_i)^2$이 최소로 되도록 변수의 값을 구한다(그림 8). 이때, f를 실측점의 수 m으로 나눈값의 2승근이 표준오차(S)이고, 각 실측점마다의 오차를 나타낸다$(S = \sqrt{f/m})$.

또한,「木子案개량식」·「角南II案개량식」·「山本案개량식」에서는 변수가 2종이었는데, 이들은 휨 높이와 반경의 비(k)를 고정하고, 다른 변수만으로 해도, 유출되는 곡선의 종류에 영향은 없다. 따라서 원전의 기술에 따라 「木子案개량식」은 $k = 2$, 「山本案개량식」은 $k = 1$로 한다. 한편, 「角南II案개량식」에서는 원전의 기술데로 $k = 2$일 경우는 휨이 적은 곡선이 그려지지않기 때문에, 범용성을 고려하여 편의상 $k = 10$으로 하였다.

2. 개량식의 특성

상기 방법에 따라 각 개량식과 모든 실측데이터의 최소2승법에 의한 근사도를 비교하여 보았다. 그리고, 각 처마식에서 174건의 표준오차(S)의 평균$(\overline{S})$을 비교해 보니 그림 9와 같이 되었다. 「松田案개량식」$(\overline{S} = 0.32$寸$)$, 「柴田案개량식」$(\overline{S} = 0.82$寸$)$, 「齋藤案개량식」$(\overline{S} = 0.98$寸$)$, 「角南I案개량식」$(\overline{S} = 0.99$寸$)$, 「中村案개량식」$(\overline{S} = 0.67$寸$)$,「현수선」$(\overline{S} = 0.32$寸$)$, 모두 $\overline{S}$가 크고, 이들식은 적용성이 희박하다. 또한, 「山本案개량식」$(\overline{S} = 0.23$寸$)$은, L이 긴 곡선, 결국 예를들면 東福寺三門下重과 같은 처마곡선에서는 휨 시작점 부근에서 격임이 생긴다(그림 10). 한편,「木子案개량식」 $(\overline{S} = 0.22$寸$)$, 「伊東案개량식」 $(\overline{S} = 0.21$寸$)$, 「角南II案개량식」 $(\overline{S} = 0.18$寸$)$, 「포물선」 $(\overline{S} = 0.23$

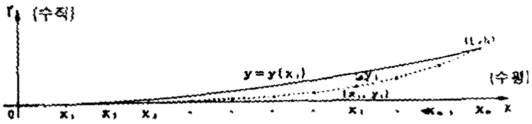


그림 8. 처마곡선 개량식과 실측곡선의 관계

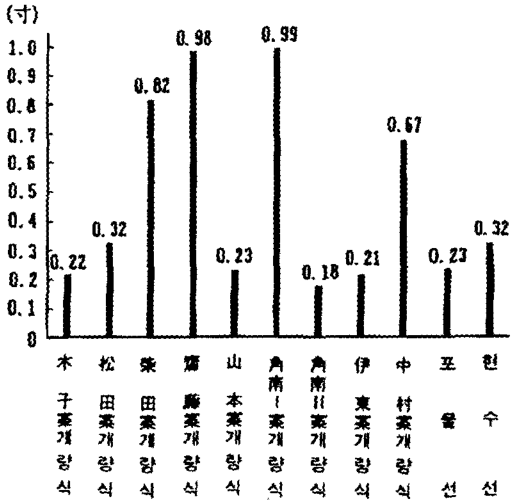


그림 9. 표준오차평균($\bar{S}$) 비교

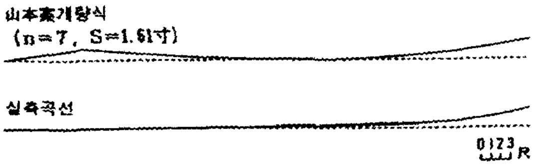


그림 10. 山本案개량식과 실측곡선의 비교
(東福寺三門下重)

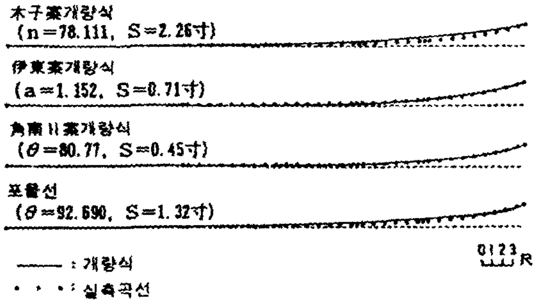


그림 11. 木子案개량식, 伊東案개량식, 角南II案개량식
포물선과 실측곡선과의 비교 (東福寺三門下重)

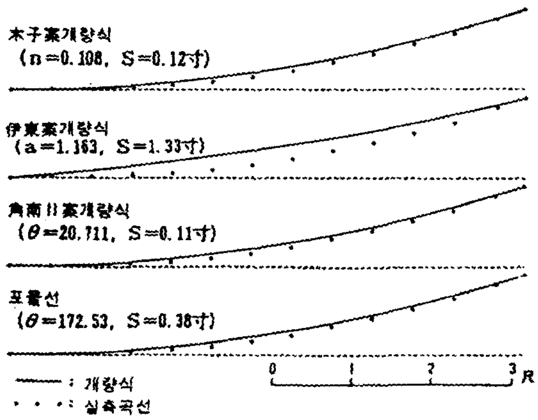


그림 12. 木子案개량식, 伊東案개량식, 角南II案개량식
포물선과 실측곡선과의 비교 (崇福寺三門下重)

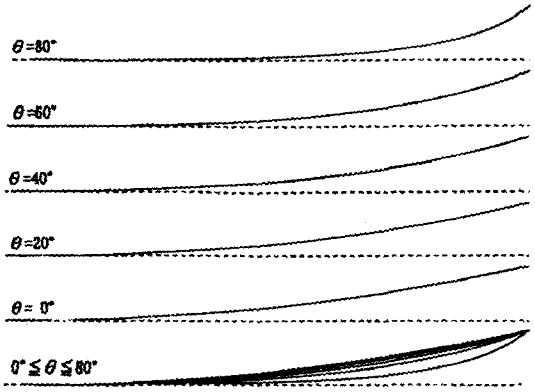


그림 13. 角南II案 개량식 곡선
(k=10으로 고정, θ만 변화))

寸)은, 모두 전체적으로는 $\bar{S}$가 작고 실측곡선을 잘 나타내고 있다고 할 수 있다.

다음으로 이 4식에 의한, 근사곡선을 상세하게 비교한다. 우선, 휨 높이가 작은 것에 비하여 휨이 큰 곡선, 예를들면 東福寺三門下重(그림 11)과 같은 곡선은, 「木子案개량식」은 $S = 2.26$寸, 「포물선」도 $S = 1.32$寸으로 오차가 크다. 또한 휨 높이에 비하여 휨이 적은 곡선, 예를들면 崇福寺三門下重(그림 12)와 같은 곡선에서는, 「伊東案개량식」은 $S = 1.33$寸로 오차가 크다. 이것에 대해 「角南II案개량식」은 그림 13과 같이 여러 가지 곡선의 유출이 가능하고 $S = 0.18$寸으로 전체 처마곡선식 중에서 최소이고, 더욱이 $S_{max} = 0.94$寸으로 최대 표준오차도 작다. 이상에서, 「角南II案개량식」이 모든 시대와 양식의 처

마곡선을 유출할 수 있는 가장 범용성이 높은 설계식이라고 확인되었다.

V. 결 론

일본에서는, 에도(江戶)시대말, 명문 도편수 木子棟齊에 의해, 規矩術의 최종적 발전단계로서, 처음으로 기하학적인 처마곡선의 설계법이 발명되었다. 그 이후 고안된 기하학적 설계법의 대부분이 그 발상을 기본으로 하고 있다. 한편, 이들과는 별도로 서양수학의 도입에 의한 함수곡선의 일부를 적용한 설계법도, 동경제국대학에서 서양건축학의 엘리트교육을 받고, 일본 근대건축학의 선구자가 된 伊東忠太와 中村達太郎에 의해 고안되었다. 그러나 이후 오늘날에 이르기까지 이 이상의 발달 혹은 근대화가 시도되지 않고, 근대건축서에서 볼 수 있는 일본의 고전건축학의 쇄퇴와 운명을 함께 하였다. 본 연구에서는, 이미 잊혀진 과거의 수법으로 되어버린 감조차 드는 이들 처마곡선 설계법을 함수식으로 보편화하여 실용화를 시도하였다. 문화재의 실측데이터와 적용도를 비교검토한 결과,「角南II案개량식」이 전 시대와 양식의 처마곡선을 유출할 수 있는 최상의 식이라는 것을 알 수 있었다. 이 범용성은 기하학적 작도법에 부정적 견해를 가지고 있던 角南의 시대에서는 상상할 수조차 없었고, 실로 컴퓨터가 발달된 오늘날에 이르러 확인 가능한 것이다.

참 고 문 헌

1. 上田虎介(1975),「小林源藏 著 獨稽古 隅矩雛形 전3권 해설, 附圖」, 私家版.
2. 上田虎介(1976),「極秘六角雛形1折 해설」, 私家版.
3. 上田虎介(1977),「西村權右衛門 著 大工雛形 秘傳書圖解 상권 해설」, 私家版.
4. 上田虎介(1982),「日本建築規矩術(近世規矩)」, 私家版.
5. 狩野勝重(1978),「江戶科學古典叢書16 隅矩雛形/規矩新書」, 恒和出版.
6. 狩野勝重(1982),「江戶科學古典叢書35 大匠手鑑/秘傳書圖解 /大工規矩尺集」, 恒和出版.
7. 伊藤平左衛門(1983),「匠家規矩要解 校訂, 解題」, 私家版.
8. 大岡 實(1971),「日本建築の意匠と技法」-茅負の技法に 關する二, 三の問題, 中央公論美術出版, pp.126-142.
9. 「明治度조영관계자료」-東本願寺, 사단법인 眞宗大 谷派 本廟유지재단발행, 1978.5, pp.302-304.
10. 일본건축학회, 건축잡지 제77호, 明治27년
11. 池田仲次郎, 速成熟達 大規矩, 大正10년 3월.