

文獻整理

鳳後三與東海大學路思義教堂建造的故事

梁碧峯*

【緣由】

一座著名建築物，其首要項目是在建築設計工作上，而建築設計是指為滿足特定建築物的建造目的，包括人們對它的三個要求：1.環境角色；2.使用功能；3.視覺感受，而進行的設計，它使具體的物質材料依其在所建位置的歷史、文化脈動，景觀環境，在技術、經濟等方面可行的條件下，形成能夠成為審美對象或具有象徵意義的產物。它包括了建築行為中，一切具有功能及意義之設計，也是建築由崛起發想到建築完成之間設計者的心智活動及表現的總結。簡單的說，一座建築物首要考慮的就是孕育出新異構型及滿足最後的使用功能，它須具有一定的要求與妥適的提供。而整個的建築設計就是針對這些要求而創造出來的解決辦法。其解決的辦法具有千變萬化，尤其能夠超乎其原先設定的要求者，就算是一座美好的建築設計。

事實上，建築設計的階段包括：按設計的深度分，一般循序為方案設計：1.概要圖設計(Schematic Design)、初步設計；2.詳情圖設計(Detail Design)、擴大初步設計；3.結構圖設計(Construction Design)、營造設計等三大的階段。而在不同階段中，可有不同增減、分割，譬如在方案設計之前可劃出建築策劃、概念設計等；尤其在初步設計階段，若建築物複雜，又可有擴大初步設計；在施工圖設計階段，可劃出細部設計。在完成整個流程設計之後，就可製作出建築模型圖而定型。

因此，早期的建築設計，不管中、外其實都會結合雕塑、工學、營造、風水、神學、密宗……等各領域，所以早期的建築師都被視為藝智者或哲學家，具有極為崇高的地位，直到近代才開始有各種專業的分工。建築設計作為建築業的一個重要環節，產生了專業從事建築設計的公司或事務所，以設計大型公共建設項目為主的商業綜合建築設計公司，更多的則是由著名建築師個人開設的建築事務所。其他以設計著名的事務所等。

著名建築學家所設計的建築物，雖然因為造型特異而成為世人讚賞的話題，但使用者的評價卻不見得很好認同，為了避免這種浪費的發生，就必須確定策畫的對象，這是策畫立案時不可缺少的條件之一。尤其特別是大型公

* 東海大學化學系退休教授

共建築，其建築乃是人類將環境改造成符合自己需要而進行的一項偉大創造，而實體的建築物完全依賴結構工程師及營造工程師來共同完成之。

東海大學路思義教堂的建築物矗立於校園裡，除了主設計：貝聿銘；建築設計：張肇康；副設計：陳其寬；計畫工程師：鳳後三外；全賴結構工程師鳳後三的巧思設計與營造工程師吳良宗而共同完成。

壹、東海大學教堂設計的規劃

東海大學位於台灣台中，1953年，台中市政府捐地與美國紐約基督教大學聯合董事會(以下簡稱「聯董會」)購地，共計345英畝(約140公頃)而設校於台灣中部的大肚山上。當時貝聿銘是在澤肯多夫(W. Zeckendorf, 1905-1976)的韋伯·納普(Webb & Knapp, Inc.)建築公司擔任建築設計工作。因此，設立一所新穎的東海大學，有類似於美國聯董會委託哈佛大學名教授格羅佩斯(W. Gropius, 1883-1969)的校園規劃與設計案--上海華東大學。而格羅佩斯教授特向美國聯董會建議，可以直接委託貝聿銘先生設計在台灣東海大學校園案，但當時此案實際上需經紐約市著名的房地產開發商澤肯多夫¹特別准許與同意之下，才可以用貝氏個人名義接受由美國紐約基督教基金會所委託，在中國台灣所設立的東海大學校園規劃案，但是澤肯多夫的韋伯·納普建築公司，並不提供任何有關的工作人員與設備協助。

1953年11月8日，尼克森訪台時，並安排在11日上午10點15分，在台中東海大學校地內(校門口附近早期男生宿舍)，主持東海大學的破土典禮。父親貝祖貽要貝聿銘來台灣台北參與會面聚餐，藉此順道台中勘查美國聯董會籌辦一所新大學預定地，並帶回有關資料。直到1954年1月，美國聯董會秘書長芳衛廉博士(W. P. Fenn, 1902-1993)才正式決定委託並邀請在紐約的華裔建築師貝聿銘先生，為東海大學進行整體校園規劃。2月，貝聿銘建築師與秘書長芳衛廉博士立即來台，實地瞭解並再次勘查東海大學校地。因學校本規劃1954年秋季招生，故貝先生返回美國後立即進行初步規劃校園設計工作，因無人手可以協助，貝氏只好把這一件事告訴哈佛大學設計學院院長格羅佩斯老師，經格羅佩斯同意推薦其TAC手下建築師--張肇康(1922-1992)先生與陳其寬(1921-2007)先生協助貝氏所接受的委託案。於是貝氏就先電話與這兩位建築師連繫，於4月邀請兩位年輕建築師加入並參與設計，負責整個

¹ 貝聿銘曾表示，第一次到澤肯多夫辦公室，所見為滿牆的停車場照片、沾有水漬的窗簾及摩托羅拉收音機改裝的吧台，「我們是南轅北轍」，往後兩人確實情同父子，而澤肯多夫當時唯一能正確念出貝聿銘中文全名的美國人。

校園的細部規劃和工程興建。初期的設計工作都在紐約執行。當時，聯董會構想中的是如何呈現一個具有中國特色的一所大學，又可具有基督教大學精神的特色。

因此，1954 年 5 月，陳其寬先生未造訪台灣東海大學前，就按建築師貝聿銘先生所攜回的東海校園資料與初步規劃進行校園設計。就製出一幅東海大學校園全景的水墨畫，當年 8 月，並以該畫向聯董會作簡報，他用中國唐代三合院形式來表達中國式的大學，而在校園中還有一個角錐形的教堂，旁邊有一個鐘塔，當時就是利用這元素來表達東海大學是個基督教大學。從該圖中，就足以見證東海大學的教堂位置及角錐形教堂形狀，這就是貝氏最早構思。因此，東海大學教堂設計應孕育於 1954 年，此經長老教會的牧師所建議，學校對於基督教教友們的信仰，應有一個共同聚會的場所。雖然董事會本希望是西式的高層樓房，而較不喜歡中式建築，但經由基金會所聘請兩位建築師顧問--王大閔(1917-2018)與狄卜賽(1915-2009)的認同，終於勉強接受。

本校初期的設計工作都是在紐約執行，即由貝氏夥伴們所形成的小團隊負責東海校園建築、設計。當時，聯董會構想是如何呈現一個具有中國特色的一所大學，又可具有基督教大學精神的特色。1954 年 9 月，落實全部草案決定後的東海大學校園規劃案建築設計圖，並於 11 月寄回台灣，獲東海大學董事會通過並付之執行建造。此案依貝氏規劃分(1953-1968)四期進行，每期四年。同時言明，由美國紐約建築事務所委託東海大學校園規劃案，貝聿銘建築師按照該計劃只是負責的建築設計草圖，而另由台灣當地的土木營造公司負責東海大學校園規劃案的建築營建施工，並由學校負責簽約、發包、採購、監督、驗收。因此，1955 年 3 月首件招標案是男生宿舍的工程投標，是由榆華營造廠以最低標獲得簽約，且於當月底，東海大學校舍終於動工了。

另外，多種有關校園建築工程，將繼續進行開標，由國防部軍事工程委員會所屬的營造廠--木成營造廠標到工友宿舍一、二棟的工程案，後繼有十棟左右，還有大倉庫興建工程；永大工程公司(永大營造廠)標到教職員甲級(A 棟)宿舍案；華南協記營造廠標到教職員乙級(B 棟)宿舍案；三榮王記營造廠標到教職員丙級(C 棟)宿舍案。其次是女生宿舍的工程投標案，則由大陸工程公司以最低標獲得簽約。並於 1955 年 4 月中旬，由大陸工程公司開始動工興建。因東海校園規劃案的建築營造工作乃有多項營建需要進行，大陸工程公司負責人殷之浩期盼董事會能同意由他承建，但董事會請他先與貝先生連繫，他親自前往紐約面見貝聿銘先生，貝先生無意見並告知全由董事會決定。

因此，後續有的工程：文學院、辦公大樓、圖書館(一、二期)、理學院、體育館、學生餐廳、教堂及學生活動中心(銘賢堂)等均未再公開招標，皆由大陸工程公司獲得簽約承建。當時擔任整個建築工程督導任務的范哲明建築工程師，認為最重要的工作是趕快成立建築工地的辦公室及放置建材的大倉庫。大陸工程快步推動，並於 1955 年底至 1959 年間分別完工。另外，1956 年底學校大運動場，也由曾校長委請清泉崗裝甲兵第二師負責整建，並 1957 年夏天完工。

因此在 2005 年，東海大學第一個榮譽博士學位贈予名建築師貝聿銘先生，由於貝氏於 1953 年至 1967 年間，為台灣東海大學校園精心規劃，與開創性設計路思義教堂作出偉大貢獻。而後獨特建築風格與傑出作品²，遍及世界各國，深受世人矚目與讚美，獲得此榮耀桂冠。³

貳、東海大學路思義教堂建造的規劃

一、設計教堂之初，所考慮的重點

東海大學為一所基督教會大學，其教堂乃全校精神之所託付，易於使全校各處、室行政同仁皆能視及，包括教、職、員、生。並便於使用起見，擬議應為一較高之建築物，且位於整個校園之中心，包括教學區：教室、文理大道軸線與辦公室，以及學生與教職員宿舍區，應是為目前之地點最為恰當。因學校是位於山坡丘陵地，校園是坐西朝東方向，對大台中平原可盡收眼底，遠眺中央山脈，其氣象萬千。因此，選定教堂坐西朝東，適得其宜。

1951 年，貝氏獲得哈佛大學旅行獎學金，同夫人一起前往歐洲旅遊，到達法國參觀偉大哥德式(Gotik)的沙特爾大教堂(Cathedral of Chartres)，直覺的產生有很深的印象，造成一開始構思設計東海大學的教堂時，就烙印有磚砌的哥德式角椎體教堂的構思。貝先生簽約後首次來台灣東海大學，是在 1954 年 2 月，主要是勘察整個東海大學校園與查看首期工程整地進行情況。1956 年 7 月份，第一期工程差不多快完成的時候，這是貝氏簽約後第二次到台灣東海大學來，並順道在台南臺灣省立成功大學給個演講。演講結束後，有很多學生問他，東海大學怎麼一點都沒有一些新的創意？這對貝先生似乎是蠻刺激的。所以貝氏回到紐約建築事務所後，深深地感覺到必須想出一些新穎的校園構型，那時正好開始要考慮蓋一間教堂，因此只好放棄在先前所構思

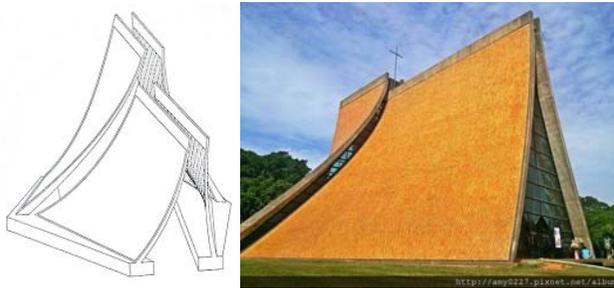
² 如蒙特婁的瑪莉亞城廣場大廈和丹佛的里高中心等。

³ 按，關於貝聿銘的簡歷與年表，參見梁碧峯〈貝聿銘與東海大學魯斯紀念教堂的故事〉，《東海大學圖書館館訊》新 165 期，2015 年 6 月 15 日，後收入《細說東海早期風華》第七章，東海大學圖書館，2016 年 8 月。

的金字塔角錐形，必須改變新的造型設計。

早期貝氏設計東海大學教堂的構造與型態，就是他在麻省理工學院建築學系畢業後所崇拜埃及金字塔的思維，因它雖然只是利用石材所造出給逝世者所歸宿的住宅，即所謂的陰宅。在突破逝者陰宅的金字塔要轉成給活者使用的住宅時，就需打開金字塔角椎體，好讓光線進入，即所謂的陽宅。因此當今東海大學的教堂，就是貝氏首先嘗試打開金字塔的教堂建築物唯一作品。若要把大量的光線引入死氣沉沉的金字塔，就先把四方角椎體，切成兩個三方角椎體，將其中一個三方角椎體變大成為「神壇」⁴[3]部分(因貝聿銘先生信奉佛教)，再與另一個三方角椎體當為座席部分，形成兩個一大一小的三方角椎體採取兩個三方角椎體共面重疊，這樣結構可先讓陽光藉由量體差的部分進入。

然後再把前與後的兩個三方角椎體各切出一小角塊，使它形成教堂前、後玻璃門、窗面，此可讓陽光大量進入，然後再把其頂點提升與本來角椎體頂點一樣高，而移動形成屋脊，使兩角椎體產生共面重疊(Eclipsed overlap)的合作效應，最後再切其屋脊，好讓太陽光線由上方大量進入，即是陳其寬先生所稱的「一線天」，特別在兩組互對牆的上方採用支點接頭做力得承受，終而形成無脊的兩組互對四片平面牆，而後經聯董會副執行秘書福梅齡(曾任中國北京協和醫學院校董事會秘書，匯文學院院長福開森的女兒)的建議，將平面修改為彎曲拋物面牆，即成為貝聿銘先生所言的非正規六角底座的帳篷式教堂模型⁵。



路思義教堂四片兩對雙曲拋物面圖及其建築成品

最初貝聿銘先生把教堂的建築工程設計交由張肇康先生負責，1956 年因學校范哲明工程師不滿林澍民建築工程師之營造工作，向學校董事會提出要求貝先生也要負責學校整個營造工程，因范工程師也將於當年暑假退休返美。

⁴ 「神壇」是貝聿銘先生的用詞，基督教一般是稱為「講臺」。

⁵ 2005 年東海大學程海東校長贈予貝先生名譽博士學位時，貝先生特別強調東海的路思義教堂是由四片獨立不會倒的牆所構成的建築物體。

貝先生只好於 9 月就派張先生來台負責督導學校土木營造工程。貝先生就把張先生的教堂建築工程設計工作改交由陳其寬先生繼續負責完成。首先張肇康考慮是以磚砌造，自六角形之四邊向上堆砌，會於屋脊之議，屋面與牆面合而為一。而後陳其寬因紐約聯董會副執行秘書福梅齡的建議，將平面修為彎曲面牆，經貝聿銘同意也改為木造而定案。

首先要把兩組互對四片平面牆其上、下緣保留為直線，而讓左、右兩邊修改為兩組互對四片彎曲面牆。本來每面之四邊皆為直線，此時四片曲面牆，全靠左、右兩邊而所形成之雙曲拋物型面，其學名即為雙曲拋物面(Hyperbolic paraboloids)牆。由於曲面之上、下兩邊續維持直線，故教堂之牆上、下緣呈直線，視覺較感生硬。靠左、右兩邊逐步改進牆面為雙曲線(牆上緣及牆基二邊仍持直線)，此時所形成之曲面稱之為「雙曲拋物面」。所形成之牆面曲線極具美感，與中國建築之屋簷反宇曲線相當吻合。根據筆者所見的資料顯示，由於貝氏這種傑出創作，使美國甘迺迪總統遺孀賈桂琳與法國總統密特朗，直接把紀念圖書館與羅浮宮擴建案委託給貝氏。當時的設計是根據原先的金字塔角錐形構型，加以創思改變而成為非正規六角底座的帳篷式教堂模型。首先交給張肇康先生負責，而後繼續交給陳其寬先生負責，兩位建築師曾演變製作多達十餘種模型。對兩位建築師研究所得，皆以六角形之平面為出發點，其內部應給人有親切感，尤其視、聽二者之設計因素，皆須考慮較高理想，並與座席及神壇相互配合。通常為免除堂內之樑、柱會有礙視線起見，決定用一大跨尺度之結構，即往無樑、無柱與無脊方向做設計。

經仔細視之，係由兩對四片曲面組合而成，而陳其寬的個人思維有類似倒置之船底。其以下大上小之形狀，予人以穩定之感，對減少風力及地震影響二方面甚為有利。經過再三研究，以採光問題及明確表現結構起見，兩對四曲面完全分離，於是屋脊部分分開，遂有天窗，具一線天之意，造成無脊的建築物。中部遂有邊窗，使神壇方面光線益增神祕。其後為使前後曲面會於屋背部分之結構，易於處理起見，於是後部二曲面高於前部，呈重疊之狀，後部高出之部分亦恰為內部神壇之地位，外觀的確足以表彰其內部之重要性。

東海大學於 1955 年創校開學，而校園教堂早在 1956 年由在紐約的華裔建築師貝聿銘先生開始重新設計規劃，經年餘之研究，最後以木造模型定案，在研究過程中所逐漸形成之直覺下完成。教堂各部分之比例因素確定。最後設計圖案於 1957 年 3 月發表於《建築論壇》(Architectural Forum)及 8 月發表於《建築紀錄》(Architectural Record)雜誌上，因當時設計只為台灣東海大學

教堂，故其標題書為「中國教堂(Chapel for China)」。



木造教堂模型

理論上雙曲拋物面係由無數之雙曲線沿拋物面及一直線移動之軌跡，此特點在施工時有莫大之幫助。由於此曲面同時具有向內凹及向外凸之特性，使曲面內部之應力，最後皆沿此曲面之力向，傳至此曲面四邊之邊際樑柱，再傳至基礎。由於曲面內部應力沿曲面曲度力向進行，致曲面內部無彎折力產生，因是曲面厚度遂可減少。此原理與蛋殼雖薄而仍能抗壓之性質類似。教堂牆面厚度經計算，上部為 5 公分，漸增厚度，至牆之下部為 20 公分。但由於曲面下部曲度過大，為避免下部曲面產生彎折現象，內部增加交叉之補助小樑，有如肋骨，曲面在屋脊處，有類如鉸鏈之接頭數點，四曲面在牆頂會合處，其接頭，承受：拉、壓、扭、剪之力，極為複雜，十字架即由此上昇，象徵神力之無限。

二、實際進入教堂建築工作的面臨困難

接著進入教堂的實際建築工作，首先是木造教堂的建築工程設計，此項工作貝聿銘先生就交由陳其寬先生負責建築工程規劃、工程經費預算編列與工程施工圖製作，而當時在東海大學負責督導的張肇康先生協助完成。1958 年 8 月 22 日，經由大陸工程公司對木造教堂的主要材料選用檜木，經人工估算報價新台幣 171.7 萬元。事實上，經費 5 萬美金係經由蔡一諤董事告知聯董會芳衛廉秘書長，獲得聯董會負責財務董事亨利·魯斯(美國《時報周刊》創辦人，Henry Robinson Luce, 1898-1967)允諾，全由他所創設的魯斯基金會(Luce foundation funds)付此款項，其教堂改取名為魯斯紀念教堂(Luce memorial chapel)，因蔡一諤董事問亨利·魯斯是否是紀念令尊(中文名路思義，Henry Winters Luce, 1867 -1941)? 他答「是」，因此，本校就用「路思義」取名，這就是「路思義教堂」的由來。

創校後的第三年校慶活動，有了兩項重大宣布：魯斯紀念教堂(後改為路思義教堂)與學生活動中心(後改為銘賢堂)兩大校園工程，並經《校刊》11月1日已經刊出原本決定安排於1958年11月27日舉行動工⁶。但由於長老教會有關人士(包括當時擔任東海大學的董事們)與基金會芳衛廉秘書長，先於11月2日邀請貝聿銘先生帶了木造教堂模型來台，在校內特別召開有關路思義教堂設計的秘密會議，結果他們三位(貝、張、陳)所設計發表於美國建築期刊上的木造教堂模型不適合建於校內而被否決掉，理由為台灣是颱風多與地震頻繁，需要有堅固耐久的教堂，尤其是台灣相對濕度高且白蟻多，不適合木造

⁶ 按，《東海大學校刊》民國47年12月1日第18期第1版內容如下：「魯斯紀念教堂 學生活動中心 均於前月破土興工 預定明年六月落成」：

[本刊訊]本校四十七學年度兩大建築--亨利·魯斯博士紀念禮拜堂與學生活動中心，均於上月二十七日破土開始施工，破土典禮於是日上午八時舉行，由周聯華董事長主持，亞洲基督教高等教育聯合董事會秘書長芳衛廉博士致詞，並宣讀亨利·魯斯第三來自美國之祝賀電文。芳博士在致詞中強調東大所負之使命與應走之途徑，希望這個學府是建築在全體師生的信心上，而成為世上的鹽與光。東海是建築在山上，城在山上是無法隱藏的，深盼東海在各方努力支持下，必不至於隱藏。其次為學生活動中心破土典禮，由吳校長主持，奧柏林大學代表孟玖笛等四人破土，孟玖笛小姐在致詞時認為今天的東大確實需要一個學生活動中心，以配合這一群年輕力強富有朝氣的青年學生之課外活動。

[本刊訊]亞洲基督教高等教育聯合董事會主席杜遜博士(Henry P. Van Dusen)最近宣稱亨利·魯斯基金社，決定以十萬美元之鉅款，贈予本校作為建築禮拜堂用，此一教堂，乃用以紀念在本世紀前期曾獻身為中國教育而工作之老亨利·魯斯博士(Henry W. Luce)。據杜遜博士說：亨利·魯斯紀念堂之意義；係因魯斯博士，在亞洲基督教高等教育之歷史上，曾有其卓越之貢獻，時至今日，其影響力仍然使人難忘。在萬方多難的今日世界中，此一教堂之建立當更有其特殊的意義。當一九五三年，此一禮拜堂藍圖設計完成時，曾引起若干國際建築師之注意！因為，就建築之藝術觀點言，此一禮堂堪稱別緻，外型為一整體之新理想，禮堂前後兩面之材料，全用木材與玻璃，其四周之牆與屋頂，係合而為一，頗有栩栩然振翅飛翔之狀，牆連屋頂均用鋼筋作架，並覆以銅質瓦片，內設五百座位，無論光線、空氣，均合理想。該禮拜堂係名建築師貝聿銘先生設計而奉獻與聯合董事會者，並由張肇康、陳其寬兩工程師協助，陳、張兩工程師頃已抵台，主持此項建築工作。按老亨利·魯斯博士，係美國《時代》、《生活》及《幸福》等著名國際雜誌主編人魯斯先生(Henry R. Luce)之尊翁，老魯斯博士一八六八年生於美國賓夕凡尼亞州之海德公園，畢業於耶魯大學及普林斯頓大學之神學院，一八九七年暨其夫人來華，擔任長老教會之教育工作，渠並籌集鉅款協助有名之齊魯大學，及燕京大學，且曾多年擔任燕大副校長之工作，其三兒女均出生於我國。

[本刊訊]與魯斯博士紀念禮拜堂同時破土之學生活動中心，一為本校本年度重要建築物之一，該中心係由美國奧柏林大學捐贈，全部建築費及設備約五萬美元，設計中之學生活動中心，包括郵政、銀行、娛樂室、小型禮堂、學生社團辦公室、及食堂等，將來本校師生之課外活動，將因此幢建築物之完成，而更加便利。

建築，所以當時結論就是要求貝氏必須重新設計，考慮以西式混凝土建築物較合適，並取消 11 月 27 日的教堂動工。雖然 1959 年 4 月 22 日，再經由大陸工程公司對木造教堂的大樑改用 RC(鋼筋混凝土)，其主要材料仍選用檜木，經人工估算報價新台幣 250 萬元，但貝聿銘建築師並未考慮接受，而後大陸工程公司完成的校園建設：學生宿舍、辦公大樓、文學院、理學院、圖書館、體育館、男生餐廳、及最後學生活動中心建築物，就於 1960 年離開東海大學。

事實上，當年魯斯紀念教堂並未破土動工，但其破土新聞仍照樣發布。而後，貝聿銘先生利用金字塔來做設計而成名作品還有二個：其一是甘迺迪總統紀念圖書館；其二是羅浮宮擴建的玻璃金字塔。特別是魯斯紀念教堂所形成之曲面牆稱之為「雙曲拋物面牆」。尤其所形成之牆面曲線極具美感，與中國建築之屋簷反宇曲線相互吻合。

參、東海大學路思義教堂峰迴路轉的重新建造

貝聿銘先生於 1958 年校慶日，應長老教會牧師董事們之邀請，親自攜帶木造教堂模型到東海大學向聯董會秘書長說明，雖已被學校董事會否決，並要求重新設計。但貝氏內心還是堅信教堂造型是非常的特殊，且已經發表於建築期刊上，並已獲得好評，只是木造不適合而不被聯董會接受。因此，貝聿銘先生告訴陳其寬先生，希望能在台灣當地，找到懂得混凝土的工程師幫忙改變設計。尤其是被聯董會與本校董事會否決，當天回台北到好同學名建築師王大閎處抱怨一下，也造成同學王建築師的關切與協助幫忙推薦鳳後三結構工程師。

1958 年底，貝氏回美後，立即與芳衛廉秘書長、美國《時報》週刊創辦人亨利·魯斯聯繫，經過幾次討論，最後決定形狀不變，僅將木造教堂改為混凝土與玻璃的教堂建築，其建築教堂經費也隨材料而變，由 5 萬、8 萬、10 萬元美金，最後提升至 12 萬 5 千元美金。於 1962 年 11 月 1 日才正式動工興建，到 1963 年 11 月 2 日才完工落成，所以前三屆入學的東海學生到畢業時，走下文理大道的視覺記憶，只是一片平坦的空地。當時文理大道口的小樹，如今已蔚成林蔭，而當時遠處一支電線桿的後方，恰是開始施工的路思義教堂。

因鳳後三與王大閎建築事務所所有業務合作關係，於 1958 年底，陳其寬先生經名建築師王大閎的協助引薦，而認識鳳先生後，名建築師王大閎個人也希望鳳先生能幫哈佛大學好同學貝先生，將所發表的木造教堂模型協助改成鋼筋混凝土教堂建築。當時，鳳後三(1919-1983)先生是於 1938 年進入上海震

且大學土木工程學系就讀，當時震旦大學為中國近代著名教會大學，此大學曾經有「東方巴黎大學」美譽。1942年畢業，而後到美國 Preload Company 工作，加入美國混凝土協會會員(American Concrete Institute)，該公司是全美國著名的噴漿技術。1952年到台灣進入台灣省公路局工程處任職，負責橋樑及隧道的土木工程設計。曾在《台灣公路工程》期刊上，於1952-1957年間，有關公路、橋樑、隧道、…等共發表了14篇文章。1956年，到法國攻讀結構工程學及預應力混凝土的技術訓練，1957年回台後在台北寧波西街66巷4號成立顧問工程公司(名稱：鳳後三顧問工程師)並開業，且加入美國 Florida 大學預應力混凝土研究所(Prestressed Concrete Institute)成為分會成員。



鳳後三顧問工程師



陳其寬督導工程師

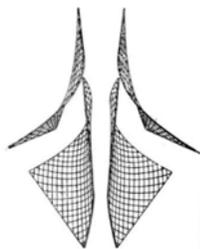
1959年底，鳳先生根據陳先生最後一個手做木製路思義教堂模型，改採用鋼筋混凝土雙曲拋物面牆的結構，特別做出精細的格子樑牆結構，經詳細計算後告訴陳先生是可行的，使路思義教堂的建造有了初步的答案。直到1960年5月，美國《紐約時報》創辦人亨利·魯斯來台灣，他到東海大學來，蔡一諤董事長陪同參觀東海校園。他問蔡董事長：「我的教堂在那裡？」蔡董事長告訴他說：「你兒子亨利·魯斯第三把錢都拿回去了，所以現在沒有辦法做。」他說：「一定要做。」至1960年7月初時，亨利·魯斯回紐約，決定馬上做，還是要貝先生盡快重新報價。因此，貝先生也要陳其寬先生盡快進行。

1960年7月8日，貝聿銘先生寫信給陳其寬先生告知詳情。1960年9月15日就按鳳後三先生建議案進行。1960年10月10日，陳其寬先生與鳳後三先生擬定出混凝土教堂建築規劃建造時間表，4日後送學校審查委員會決定之。同年12月8日，混凝土教堂的建築工程經鳳後三結構工程師仔細計算完成，送出初步教堂結構工程圖，寄給美國紐約貝聿銘建築師。1961年1月17日，經貝聿銘建築事務所之工程師 Roberts 與 Schaefer(Roberts & Schaefer Company, New York, NY)的同意鳳後三結構工程師的計算結果。1961年8月25日鳳後

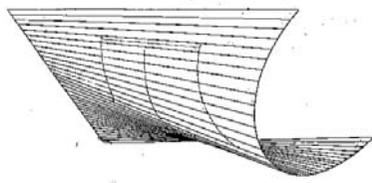
三先生給陳其寬先生信件，核對教堂建構圖，並建議要送砂石混凝土至台灣省公路局第二區工程處材料試驗室(台中)進行分析核對。另也提出向經濟部聯合工業研究所工程材料研究室，申請教堂地基鑽探及土壤試驗工作，兩項重要工作都於 1962 年底前完成。

理論上依建築工程師陳先生所提出木造模型的「堪腦伊(Conoid)」係由「無數之水平線沿拋物線及一直線移動之軌跡，此特點在施工時有莫大之幫助。由於此曲面同時具有向內凹及向外凸之特性，使曲面內部之應力，最後皆延此曲面之力向，傳至此曲面四邊之邊際樑柱，再傳至基礎(底)。由於曲面內部應力沿曲面曲度力向進行，致曲面內部無彎折力產生，因是曲面厚度遂可減少。此理與蛋殼雖薄而仍能抗壓之性質類似。教堂牆面厚度經計算，上部為五公分，漸增厚度，至牆之下部為二十公分。但由於曲面下部曲度過大，為避免下部曲面產生彎折現象，內部增加交叉之補助小樑，有如肋骨，曲面在屋脊處，有類如鉸鏈之接頭數點，四曲面牆在屋脊會合處，其接頭，承受：拉、壓、扭、剪之力，極為複雜，十字架即由此上昇，象徵神力之無限。」結構材料，最初採用磚砌牆面；而後改為木造，最後決定用鋼筋混凝土，經由土木工程師鳳後三巧妙思維，改採用格子樑強的美學結構，可將陳先生的「堪腦伊」展現出貝聿銘先生所發表的「雙曲拋物面」美麗牆面，尤其鋼筋混凝土材料具有其可塑性，應用於此種曲面牆的結構，真是可相得益彰。

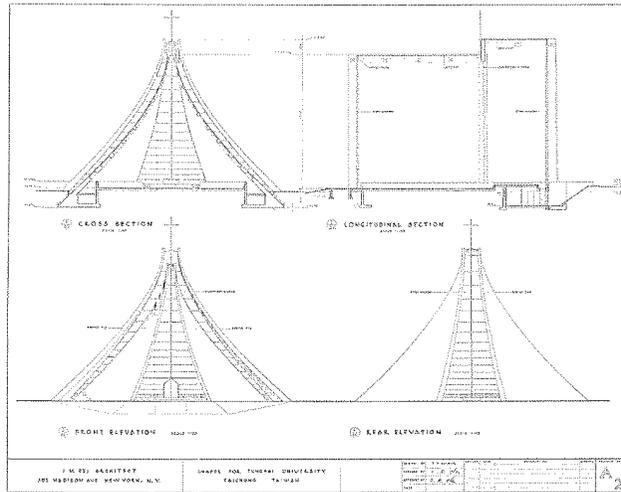
1962 年初，由鄭垣先生協助鳳後三先生繪製教堂的結構工程設計圖 28 張，而由江德通先生協助陳其寬先生繪製結構工程的施工圖 32 張，先郵寄到美國紐約貝聿銘建築事務所給貝聿銘先生。由於這是極為新穎的嘗試，而後經貝聿銘建築師的邀請，於 1962 年中，由陳其寬先生帶鳳後三先生親赴紐約貝聿銘建築事務所加以說明，同時也說服了貝聿銘建築事務所的結構工程顧問公司。鳳先生腦筋亦非常細密，預先設想了外部鷹架，鷹架應與建築本體分離，內部支柱地層靈活運用楔型撐木等巧思。



雙曲拋物面



堪腦伊面



原本教堂木造建築的雙曲拋物面(Hyperbolic paraboloid)牆，使整個結構體可以非常薄，就足夠承受被均勻分散的力量，但鋼筋混凝土本身就有相當重量，本來貝聿銘寄望薄殼牆壁厚度約 20 公分，但結構設計師鳳先生的答案肯定是不可能的。所以鳳先生就直接用格子樑的結構做成兩組互對四片雙曲拋物面牆的內面結構，形成樑、柱、牆合為一體，除了必要有鋼筋的地方之外，盡量將混凝土去除，所以在室內就形成了樑柱牆格子狀的凹陷，為了滿足力學的支撐，越到上方樑柱就愈細愈長，而凹陷的格子也越大，因而形成極為美麗規律的圖案，可大大避免聲音所造成的回聲，也造成許多板模不能重複使用(只用一次)，大大增加營造的成本。



雙曲拋物面的格子樑柱牆合一結構

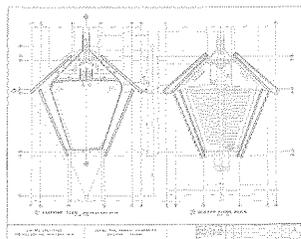
建築設計師貝聿銘先生對雙曲拋物面牆的美，選用中國的高大竹子具有節節升的特性，來形容每片牆內面的格子樑結構設計極為恰當，尤其是前、後的玻璃窗最為明顯。這也是許多人很好奇在建成路思義教堂由內向上看，

似乎完全沒有橫樑立柱(三無：無樑、無柱、無脊)，無論如何它不僅能承受建築整體重量，而且還不會造成從中間塌陷的重要原因，就是格子樑柱牆的結構，本身就與牆壁造型融為一體。因此，路思義教堂能夠很順利建造完成，建築設計師貝聿銘先生特別再三感謝結構工程師鳳後三先生的協助。



光源營造廠負責人吳良宗先生及其團隊

教堂於 1962 年 11 月 1 日正式開工。鳳先生腦筋亦非常細密，預先設計外部鷹架應與建築本體分離，內部支柱則靈活運用楔型撐木等巧思。吳良宗先生為光源營造廠負責人，因施工品質優良，在 1956-1972 年間共為東海興建了 70 餘棟校舍，包括建築系館、招待所、藝術中心、路思義教堂、學生福音中心、文理大道鐘樓、畢律斯鐘樓、教職員宿舍……等。擔任營造之工作人員，由於過去在東海校園已有營造類似此種薄膜灌漿水泥結構工程之經驗，施工上頗有駕輕就熟之效。雖然光源營造廠負責人吳先生，對營造經驗豐富，特由陳先生極力推薦。但因建造新穎的東海大學教堂，鳳先生仍然滿掛心，不知吳先生是否有此能力建造？因此，鳳先生也有準備由台北合作過的營建團隊接手，這完全要看吳先生的營建團隊打完教堂基底的結果而定。



吳良宗先生為路思義教堂奠基工程完成

1962 年 11 月 1 日東海教堂動工後，在重型機具還不普及的年代，可以看見完全依賴工人們挑著深掘後的土方。想到路思義教堂，心中浮現的總是呈現那種高聳的四片(兩組相互對映)獨立的雙曲拋物面牆，彷彿上帝親自造好之後，搬來擺在東海大學似的。但這四片牆其實牆腳有深掘了 2.2 公尺的地基，並且鋪設紮實的鋼筋基礎，當路思義教堂向天長高，屬於教堂的這個畫面，

就成了建築教堂中，永不見天日，但又不可或缺的一部分。這是路思義教堂的北側轉角，就是現今朝校門口的壁面轉折。路思義教堂並不是垂直於地面向上延伸的建築，而是兩組互對的四片雙曲拋物面牆向外擴張的力量，讓非正規六角形地基的鋼筋鋪設與擋土牆設置，格外重要。因此，鳳先生也就利用 1963 年 2 月在鋪設教堂紮實鋼筋基礎的地基時，親自檢視吳良宗先生的營建團隊的能力，當時吳先生的營建團隊展現鋪設、灌漿教堂基地極為紮實，結果獲得好評並決定他們可以接手路思義教堂的營建工程。



深掘了 2.2 公尺的地基



工人們挑著深掘後的土

路思義教堂的腰身分別為 19.5 公尺與 15 公尺的四個牆邊已卓然成形，即將拔高為身長 17.15 公尺(前段座席二片)與 19.20 公尺(後段聖壇二片)。此工程之主要工作，為如何灌漿製造此高達後兩片 64 英尺(19.20 公尺)，前兩片只有 57 英尺(17.15 公尺)之四片曲面。1963 年 3 月 20 日，教堂下部基礎及牆面地基完成後，於是開始內部模板架構。為預防颱風起見，板模架構設計，以中台灣台中歷年最大颱風速每秒 45 公尺計算，故需極為粗壯，共用拇木料 8 萬材。光源營造廠的工作伙伴們，這一群人經驗老道，技術精良，東海大學早年大部分的校舍都是在他們手中完成，「工頭」老闆吳良宗先生(年輕時，本在北部光智營造廠任職，1956 年才成立光源營造廠)事後回憶，他們的真功夫不是現在的師傅所能比擬，如果現在要重新蓋路思義教堂的話，可能相當困難找到這樣的師傅。路思義教堂格子樑柱牆結構是灌漿重點，故要在底層模版上訂製凸出之菱形木盒。但由於整個牆面均為雙曲拋物面，故每一個菱形木盒的形狀、四角高低都不一樣，必須精確計算而且無法重複使用，施工極為繁複，全部模版施工費時需長達三個月。



樓下模板雛形



樓面鋼筋網綁

模板架構四周，置以傾斜之樑柱，其傾斜度，為雙曲拋物面之曲度，經縝密之計算，校核，量度，放樣而定。架構經月餘完成。其上釘水平木椽。水平木椽完成後，曲面自然形成；然後釘製底層模板，其上再釘製凸出之木匣，是為交叉樑之模板。此菱形木匣，由於曲面之斜度，致每點之高低大小，尺寸皆不相同；經精確計算，並在現場檢核後，方始釘製。模板完成後，於外部搭製鷹架。此架與內部模板並不連接，以免妨礙將來之工作，故為一完全獨立向一面懸空之架構。紮鋼筋工作，亦於此時同時開始，於 6 月中完成。灌水泥工作於 6 月 20 日開始，兩對四片獨立雙曲面牆的灌漿是相當複雜的作業，不能一次灌入，必須每天以約 90 公分高度的泥漿輪轉灌入緩慢施作，而且灌漿後必須確實乾硬強化後，再灌住第二層，為了節省工時及人力，每天輪流灌漿一個牆面，96 小時再輪回第一面牆，每一曲面平均約用 8 工作天，因此 65 名工人每天不亦樂乎地輪流在一個方位工作；水泥之強度皆經預先試驗，依一定之水份比例，及一定之水泥、砂、石比例而得，抗壓強度在每平方呎 4 千磅以上。鳳先生原想採用由曲面上部之噴漿結構，因抗壓強度不夠，經再三考慮後仍然放棄，只好改回灌漿之老方法。因時值 6 月，晴、雨變化大，灌漿有雙面模板比較妥當，厚度亦易於控制，時間、物力皆較經濟。

當時，建造路思義教堂的難度是今日無法想像，由四片(兩組互對、重疊)獨立的雙曲拋物面牆所組成的結構體，只憑貝聿銘事務所提供的 8 張施工圖，和陳其寬手作的小模型來想像施工。為確保品質，還將混凝土強度從 3000 psi 提高到 4000 psi，並將 6 分鋼筋改為 8 分，在偷工減料不絕於耳的今天，吳良宗是打著燈籠實在難找。結構工程師鳳後三先生，為施工期間路思義教堂內的支撐柱設計了很巧妙的斜面楔型木塊，可靈活地塞緊在柱底與地面之間，拆除時只要將楔型撐木敲掉，整個結構就會鬆脫。

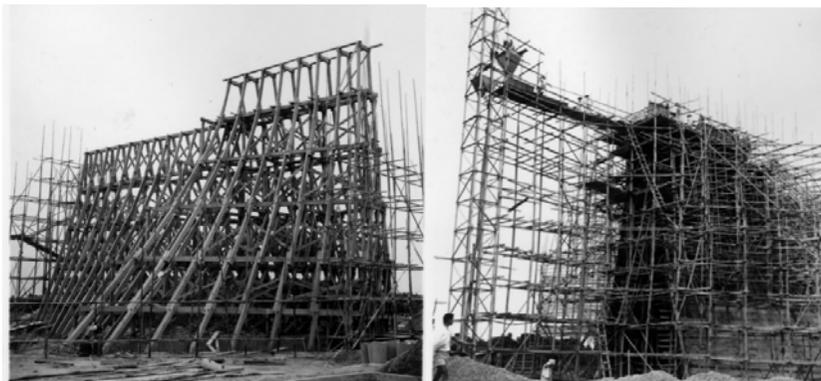


教堂施工照片

但工人都沒把握這模板宏偉的曲面，一旦失去內部支撐，真的可以站立不垮，四片彎曲面的牆於 8 月 20 日灌製完成。經 2 週之濕度保養及乾燥時間控制，內部模板於 1963 年 9 月 4 日開始撤除，拆模當天，建築工程督導陳其寬先生、土木工程鳳後三先生、營造工程吳良宗先生等三位工程師均親自在教堂內指揮拆模，並順利完成路思義教堂屹立至今。任何精密的計算證明，恐怕也無法強過那天現場強而有力的行動。這也就支持了王亢沛校長(2003)及程海東校長(2005)兩位校長拜訪時，貝聿銘先生親自告知「路思義教堂」是由四片獨立而且不會倒的牆所構成的教堂。

四片曲面牆間所安置前、後窗，側窗及天窗，皆用銅槽鐵銲接而成，其與屋面相接處，有伸縮接頭，蓋因牆面遇有溫度變化，或受風力及地震時，有伸縮之現象。玻璃則用茶色防熱玻璃，以免日曬及反光。鋼面框梃，皆經計算，以抗最大颱風為主。牆面鋪瓷磚及鋼窗工作，同時進行。牆面瓷磚、玻璃窗完成後，繼之完成室內地面及裝修。座席、神壇亦相繼置入。時為 1963 年 10 月下旬。至 10 月底，外部庭園布置一切就緒，並於 11 月 2 日終告完成

並進行教堂奉獻典禮。



教堂施工照片

教堂所使用的混凝土中雖是河沙，但為了避免河沙中的金屬離子太多，施工時仍然特別加強水洗，並且徹底烘乾，避免改變，加上混凝土混合時改變了水／灰比，每天皆分層緩緩灌漿，至今仍可在牆面看見接縫。這都是營造廠極為細心的精神，所顯示的記號痕跡。

簡述整個教堂的設計與建築，雖經多年的檢討修改，最後鋼筋混凝土(RC)教堂之建造，決定於 1962 年 11 月 1 日開工。1963 年 3 月 20 日，教堂下部基礎及樓面完成。1963 年 6 月，完成模板架構及紮鋼筋工作。1963 年 6 月 20 日，進行灌注水泥工作，每一曲面平均約使用八個工作天，每日六十五人。1963 年 8 月 20 日，四片曲面水泥灌製完成，經二週的濕度保養及乾燥時間，1963 年 9 月 4 日開始撤除內部模板。1963 年 10 月下旬，完成室內地面及裝修，座席，神壇相繼置入。1963 年 10 月底，外部庭園佈置就緒，第八週年 11 月 2 日校慶落成並舉行奉獻典禮。

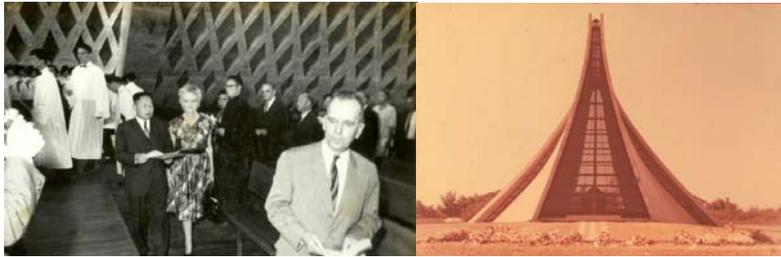
當年厚厚一大疊藍晒圖，隨著科技進步，至今已挽救與數位保存了 32 張路思義教堂建築與結構施工圖面(由江德通先生所繪製)，同時對於當時人工計算與手繪的精確，歎為觀止。如今路思義教堂維護研究計畫展開，得以對前人一筆一畫的心血結晶，其往日榮耀光華再現。「透視圖」在建築設計表現中是很重要的一部分，能預現或重現人們的視覺經驗，讓整個空間中的平行視線，都延伸交會在透視圖中的消失點。如今電腦軟體就即可輕易完成此任務，但在半世紀前全靠建築師豐富的心像，透過了雙手躍然紙上，仍讓人讚嘆。

肆、東海大學路思義教堂落成及奉獻

教堂座席本預計 500 座位，但實際完成後只容 450 人，此約可容納全校師生之半數，座席在堂之東，神壇(講座)則位於西端，晨曦自東窗而入，朝會

時，神壇浴於晨光之中，當亦有助於神思。至於教堂之形式，雖然貝氏因母親關係而信佛，但貝氏會思泰西各國、各時代之宗教建築，無不殫精竭智，集當時之人力、智力、物力傾全力以赴；集其當時歷史、科技、環境、文化於一爐，雖可歷經千百年，供後人瞻仰，當時情景即可反映無遺。是以東海大學之路思義教堂，亦必以此為鵠的，期能在此建築中，反映吾國之悠久歷史文化傳統，揭示基督博愛犧牲之旨意，且兼具此時代之創造能力與精神。

教堂奉獻禮拜為吳德耀(1915-1994)校長及穆爾夫人(Elizabeth Luce Moore, 1904-2002)，後方跟著穿黑袍的周聯華(1920-2016)牧師(當年擔任東海大學董事長)，再後面的就是聯董會芳衛廉秘書長。等落成典禮後，貝聿銘先生說，路思義教堂能順利完成，負責整個建堂計畫的結構工程師鳳後三先生功勞最大。而後由於鳳先生的請求到貝氏事務所工作，因鳳先生的土木結構能力強，貝氏就答應鳳先生請求到美國貝聿銘建築事務所工作數年，而後就在美國開業，1983年1月1日去世於紐約，鳳先生的美國社會安全號碼是 09032****。



路思義紀念教堂落成及奉獻典禮之照片

因設計路思義教堂時，並未考慮夜間使用，所以燈光線路是外加的，具有其特色。每當晚上燈光點亮的時候，外觀「東海之光」是很美的。燈光自天窗細縫溢出，讓曲面有失卻了重量感，尤其 45 角度空拍下來，所顯示的燈光有如十字架的形狀。尤其當漆黑之夜晚，教堂頂端會有一投射燈向著天空，照亮十字架，遠遠看去彷彿榮光降臨在這東海的信仰指標。陳其寬先生說：「每片牆壁的外面都有一座燈照射，共有四座燈，由於燈光極為柔和，當夜間同時照射時，真讓人賞心悅目。」誠如周聯華牧師形容所述：「少女的祈禱(前兩片)與神的呵護(後兩片)，極為恰當。」

路思義教堂為《時代雜誌》創辦人亨利·魯斯(Henry R. Luce)，為紀念其在中國傳教士宣揚福音並參與齊魯大學、燕京大學設立的父親路思義(Henry W. Luce)，由他成立的魯斯基金會出資捐贈，故該教堂英文取名為「The Luce Chapel」，並於 1963 年 11 月 2 日教堂落成時，由其令妹穆爾夫人主持剪綵。

此與東海大學係出同門的香港中文大學崇基學院，於 1971 年 10 月 29 日由亨利路思先生的妹妹牟路思怡夫人親臨主持揭幕，命名為「牟路思怡圖書館」為紀念路思義家族對中國高等教育的貢獻。



路思義教堂夜間照片及平安夜音樂會

伍、後記

路思義教堂的設計成員如下：

主設計：貝聿銘；建築設計：張肇康；副設計：陳其寬；計畫工程師：鳳後三

建築設計：主導設計：貝聿銘；夥伴：張肇康、陳其寬

建築工程設計：鳳後三

結構工程設計：鳳後三

營造工程設計：吳良宗

本文主要依筆者已發表的〈貝聿銘與東海大學魯斯紀念教堂的故事〉增補而成。該篇收入《細說東海早期風華》第七章。

誌謝：特別感謝吳福助老師的建議與謝鶯興組員的協助

主要參考資料

1. 《貝聿銘的世界》，黃健敏著，臺北市：藝術家出版，1995 年。
 2. 《貝聿銘：現代主義泰斗》，麥可·坎奈爾(Michael Cannell)著，蕭美惠譯，台北市：智庫出版，1996 年。
 3. 《閱讀貝聿銘》，黃健敏編，臺北市：田園城市文化，1999 年。
 4. 《貝聿銘全集》，菲力浦·裘蒂狄歐(Philip Jodidio)，珍妮特·亞當斯·斯特朗(Janet Adams Strong)，李佳潔、鄭小東譯，電子工業出版社，2012 年
 5. 《東海風：東海大學創校四十週年特刊》，東海大學創校四十週年特刊編輯委員會編，台中市：東海大學，1995 年。
 6. 《細說東海早期風華》，梁碧峯編著，臺中：東海大學圖書館，2017 年。
- 相關檔案：貝聿銘與東海大學魯斯紀念教堂的故事.pdf