

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

整合公路平面與縱斷線形幾何設計最佳化模式之研究

The Study of Coordinating Highway Horizontal and Vertical

Geometry Alignment Optimal Model

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-074

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：吳水威 國立交通大學運輸工程與管理學系副教授

計畫參與人員：陳謂熊 國立交通大學運輸工程與管理學系碩士

林廉凱 國立交通大學運輸工程與管理學系碩士生

一、中文摘要

公路一般設計皆是先由踏勘、初測、定測，然後依照工程師經驗以符合設計速度之幾何設計規範設計。尤其在地勢起伏的丘陵與山嶺區，由於公路幾何設計工作複雜，更是難以設計出最佳化設計。一般幾何設計規範皆以平面座標觀點規定平面線形與縱坡度規範，至於平面與縱斷線形立體之整合觀點，目前只有定性方面的描述，且一般也常被設計者所忽略。因此本研究以整合平面線形與縱斷線形觀點，以達到行車安全及視覺下，構建數學規劃模式，求解整合成本最佳化問題，以達到路工費用、行車與養護費成本最小化的目標。最後再以公路設計實例進行實測分析。

關鍵詞：平面線形、縱斷線形、成本最佳化

Abstract

Designing highway procedure usually previously apply reconnaissance, preliminary survey, final location survey, then according it's designing velocity and geometry specification to design highway by engineer experience. Particularly mountainous and hilly terrain contenting up and down topography

needs complex geometry designation so it is difficult to achieve optimal designation. Due to geometry designation and specification viewing 2-dimension space concepts of horizontal alignment and vertical alignment, 3-dimension space design only qualify statement, none of quantitative analysis and guideline. This research can establish available coordinating horizontal and vertical alignment geometric model efficiently condense labor, material, goods, to achieve optimal cost objection. This model applies practical designing highway case to practical analysis.

Keywords: Horizontal alignment, vertical alignment, optimal cost

二、緣由與目的

一般幾何設計皆事先決定平面線形幾何設計後，再調整縱斷線形設計。Kihlber和Tharp(1968)在一項美國的研究中發現存在著類似兩個或更多個幾何要素組合(坡度、曲線、交叉路口、建築物)的存在較僅有個別的要素有較高的事故率，因此公路沿線平面與縱斷的一致性是非常重要的。考慮道路沿線安全與美觀，最佳方法就是同時考慮平面線形與縱斷線形。

由於地形地物複雜與設計者之習慣等因素，公路幾何設計僅憑著個人經驗與現有公路路線設計規範手冊作 2-D 設計，忽略公路沿線平面與縱斷的一致性，常需要變更設計，除了費時、費力且費錢。建構整合平面與縱斷線形幾何設計乃為公路之最佳化設計，除了可節省設計、建造經費與維護經費，並可使完全使行車達到美觀、舒適、安全功能。

本研究綜合公路平面、縱斷線形幾何設計基本要素之特性分析，使用數學規劃方法構建整合平面與縱斷線形幾何設計模式，並最佳化求解之。並使用電腦程式 LINGO 運用於構建模式運算成果與分析，並以 SURFER6 套裝軟體繪製 3-D 公路示意圖。

本研究的主要目的在構建具有整合平面與縱斷線形幾何設計之數學規劃最佳化模式，以解決符合公路平面與縱斷幾何最佳化設計問題，並進行實測分析，以測試模式的正確性。

三、研究內容

本研究內容包括：

1. 界定研究範圍與內容

研究範圍係限制於適用於丘陵與山嶺區郊區雙車道公路使用，並以我國公路路線規範及 AASHTO 為藍本，針對公路平面與縱斷之整合無橋樑與隧道路工最佳化問題研究。

2. 文獻回顧

蒐集國內外相關文獻，並進行回顧研析，而主要文獻有：平面幾何設計之探討、縱斷幾何設計之探討、整合平面與縱斷幾何設計之探討、最佳化理論及求解

3. 整合平面與縱斷幾何設計模式之建立

依循本研究模式架構、行車安全與視覺及路線幾何設計邏輯、我國公路路線設計與 AASHTO 規範，建立整合平面與縱斷幾何設計模式，包括目標函數與限制式之建立。

4. 模式測試求解與實證應用

研析整合設計模式之最佳化求解方法，進而針對構建模式實施測試求解，以了解構建之模式可用性，最後再以實際案

例運用模式運算成果並分析。

5. 結論與建議

四、研究方法與理論

本研究主要利用數學模式，建立整合公路平面與縱斷線形幾何設計模式並以最佳化求解之。本模式之規劃目標為路工成本及行車、養護成本最小化，目標函數包括挖方、填方、棄土、借土、擋土牆結構、邊坡穩定處理之工程費與行車、養護費用，再以數學規劃方法尋找對於平面及縱斷之行車安全、路線視覺、及我國公路路線規範在路線幾何設計中之限制，建立相關限制式。如研究架構圖 1。

前述經邏輯推演可建立起數學規劃模式與研析求解方法，最後再利用構建之數學規劃模式對假設案例與蒐集實例，應用 LINGO 電腦程式求解，再以 SURFER6 套裝程式繪製 3-D 立體圖。

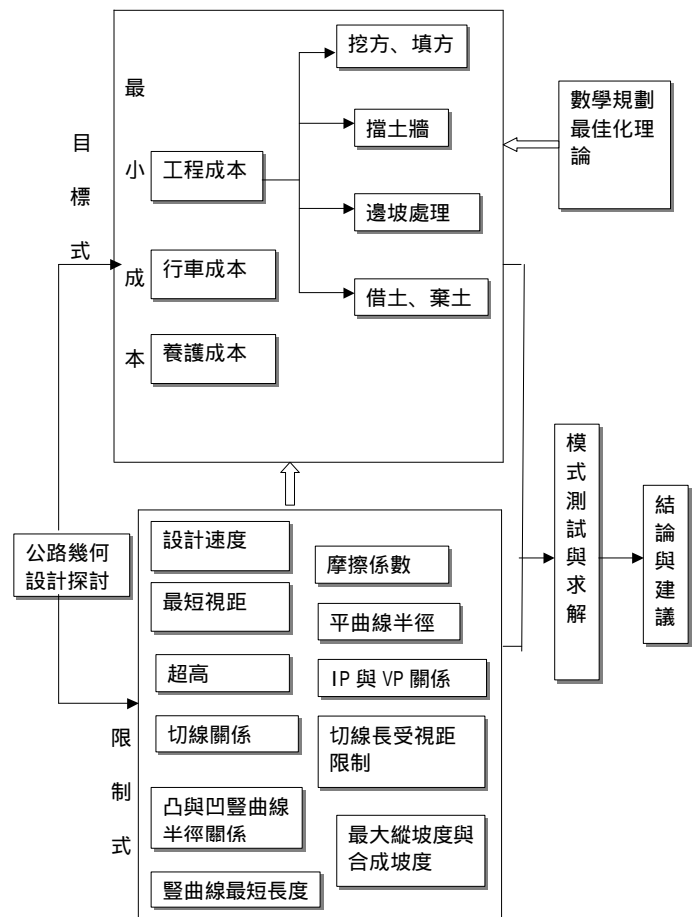


圖1 研究架構圖

五、實測應用

本研究蒐集市竹 3 線段拓寬工程原設計圖資料與運用本模式求解資料相比較，以驗證本研究模式之可用性。

5.1 模式基本資料說明

工程位於新竹縣北埔鄉之台 3 線叉路口至寶山鄉間五級路山嶺區道路雙車道拓寬，設計速度為 30Kph， E_{max} 為 8%。實例以總長 760 公尺之設計路段，設計路段內包括 39 個整樁，起點已知樁高程為 143.3m，終點已知樁高程為 130.9m，各整樁間距為 20 公尺，平面轉折點 IP 及偏角有 6 個。

5.2 實測結果

如使用原先已知起點設計高程執行求解，發現無法求得可行解，須將原已知起點設計高程定在 143.3m 以上方可求得最佳解(如實例 1)。再經測試發現如使用原已知高程，並將坡度變化點 12 號整樁之豎曲線最小坡度變化限制解除(如實例 2)，則可求得最佳解，但與原設計完全不同，如將坡度變化點 12、29 號整樁之豎曲線最小坡度變化限制解除(如實例 3)，則求解出各整樁設計高程最佳解與原設計相同，但平面線形則不相同。

5.3 實測結果分析

由實測結果可分析出平面與縱坡設計有相關影響，因為實例 1 將已知起點高程提高，經模式求解發現平面與縱坡皆產生變化，與其他原設計實例及實例 2、3 平面與縱坡設計完全不同。至於原設計實例與實例 2、3 假設起、終點高程相同，設計、地形、視距、工程等參數皆相同，經模式求解發現，實例 2、3 在平面設計求解皆相同，這表示平面設計不受縱斷條件限制所影響；至於原設計並不考慮在平面採最小化，故其設計成果與本模式求解結果皆不相同。

在縱斷設計分析方面，因實例 2 只簡化不考慮第 12 整樁(變化點)豎曲線最小坡度變化限制，而原設計實例與實例 3 則是簡化不考慮所有豎曲線最小坡度變化限制，分析上述實例成果則發現實例 2 縱坡度變化較緩和，原設計實例與實例 3 最貼

近原地面成本最低。在丘陵與山嶺區為避免大量土方開挖與水土保持觀點而言，設計高程越接近地面越好，成本也較低，至於不符合最小縱坡差，將會使駕駛者駕駛時感覺不舒服，但是比較其他影響因素，實例 3 仍算是相當好的設計成果。

因此綜合上述分析了解本模式確實可實際運用於公路路工設計上，並可設計出最小成本與符合安全之公路路工幾何設計。

六、結論與建議

6.1 結論

(1)經由模式運用例題與實例成果可知，本研究之整合平面與縱斷線形幾何設計模式確實可運用於實際設計，並可以免除許多人為錯誤，可以設計出最小成本又符合交通安全之公路幾何設計。

(2)由測試參數變動影響分析得知，工程費用參數變動較不影響平面與縱斷設計，平面限制條件影響平面設計，縱斷限制條件影響縱斷設計，其間不相關。

(3)由本研究之模式運用在實例 1、2、3 上發現，已知縱斷高程變化對設計平面位置與設計縱段高程互相有影響，但是在限制條件方面則平面與縱斷各自限制不相關。

(4)平面轉折點與縱坡變化點應先避開敏感地帶，經可行性評估再決定控制點，取得所有地形、設計與工程參數，才可使用本模式進行設計。

(5)運用本模式求解時，可能因已知起點或終點高程與地形高程差距過大，根本不存在可行解，或無法找出最佳解，此時應修正已知起點或終點高程，以符合所有限制式之可行解範圍，取得最佳解。

6.2 建議

(1)本研究完全針對於道路路工平面與縱斷幾何最佳化設計，對於橋樑與隧道之平面與縱斷幾何最佳化設計並未加以研究，後續可加以繼續研究。

(2)本研究模式採用 LINGO 數學規劃求解，求解出之變數值可以直接轉出至 EXCEL 與 SURFER6 使用並畫圖分析，但

仍嫌不夠自動化普遍化。未來應可研究數學規劃程式求解變數結果可直接轉換至 AUTOCAD 內，以提供工程設計使用。

(3)本研究模式運用仍相當學術化，無法使一般設計者直接輸入使用。日後可發展以容易操作的由界面輸入數據，由主畫面直接選取所需要之結果，即可取得所有設計圖與成果資料。

(4)國內目前使用之公路路線規範至今不但歷時已久，且許多規定多是引用外國現成規範，實際針對於我國與國外公路路線之規範差異性與可用性之研究及平面與縱斷幾何設計要素方面之相關研究極為缺乏，可供後續之研究方向。

參考文獻

- [1] Ogden K.W. ,Safer Roads : A Guide to Road Safety Engineering, Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge(1997).
- [2] Hassan Y., S.M. Easa and A.O.A.E. Halim, “ Analytical Model for Sight Alignments Distance Analysis on Three-Dimensional Highway ” , Transportation Research Record, n1523, PP.1-10 (1996).
- [3] Hassan Y. , S. M. Easa, and A. O.A.E. Halim, “ Modeling Headlight Sight Distance on Three-Dimensional Highway Alignments ” , Transportation Research Record, n1579, PP. 79-88(1997).
- [4] Smith B. L. and R. Lamm, “ Coordination of Horizontal and Vertical Alignment with Regard to Highway Esthetics ” , Transportation Research Record, n 1445 Dec. PP. 73-87(1994).
- [5] Sanchez E., “ Three-Dimensional Analysis of Sight Distance on Interchange Connectors ” , Transportation Research Record, n1445, PP.101-107(Dec 1994).
- [6] Hassan Y. and S.M. Easa, “ Design Considerations of Sight Distance Red Zones on Crest Curves ” , Journal of transportation engineering, PP.343-351 (July/Aug 1998).
- [7] Chew,E.P., C.J. Goh and T.F. Fwa, “ Simultaneous Optimization of Horizontal and Vertical Alignments for Highways ” , Transportation Research, Part B, Vol.23B, NO.5, PP.315-329 (1989).
- [8] 交通部，公路路線設計規範，幼獅文化事業公司，民國 75 年印行。
- [9] American Association of State Highway and Transportation Officials, “ A Policy on Geometric Design of Highways and Streets ” (Green Book) , Washington , D .C . (1990).
- [10] Lee Y. and J. F. Cheng, “Modeling the Highway Vertical Alignment Design Process” , Proceedings of XIIIth IRF word meeting, Canada (1997).
- [11] Easa S. M., “ Selection of Roadway Grades that Minimize Earthwork Cost Using Linear Programming ” , Transportation Research, Part A, Vol.22A NO.2, PP. 121-136(1988).