

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-088-

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：王維志 國立交通大學土木工程學系

計畫參與人員：賴宇亭、劉正章 國立交通大學土木工程學系

一、中文摘要

未能及時解決界面問題乃是工程計畫進度延誤之重要關鍵。其首要原因可歸究於對將繁雜之界面問題產生之基本因素、發生成因、相互作用及其影響程度並未透過系統化方式表達，故而未能預先發覺，或發覺後又未能明確的溝通表達而加以解決。也因此未將界面問題納入考量之傳統進度網圖模式並未能提供客觀準確之進度管控資訊。

本研究業已初步透過文獻回顧、專家訪談、實地調查及問卷調查等方式搜集目前實務上及學術上有關界面問題領域相關之知識及數據，再加以歸納分析進而提出一套工程界面表達系統（CIR），此系統預期可對未來有關界面領域方面提供根本之解決基礎。

關鍵詞：界面問題、進度網圖

Abstract

Due to the lack of clear understanding of owner's needs as well as the vague of drawings and specifications available during the early project phases, interface problems are usually not detected or resolved until the project proceeds to the construction phase. Thus, the resolution of construction interface problems becomes a major task for construction management.

Varying useful knowledge and field data are collected through a series of research activities, such as literature review, site visiting, expert interviewing, case studies and questionnaire surveys. And a prototype of Construction-Interface Representation (CIR) System is developed. The CIR defines the characteristics (such as causes, interactions, and effects) of interface problems in a systematic way for providing an early warning or setting a better communication between involved parties. The CIR system is anticipated to provide a fundamental understanding of interface-related researches.

Keywords: Interface Problems, Construction Management

二、緣由與目的

由於營建工程計畫之規模日益龐大與複雜，使得計畫漸朝專業分工方式辦理，而在分工之過程中

產生許多界面（詳圖一）。一般而言，這些界面可區分為工程行政管理界面（另可細分為內部界面及外部界面）及工程技術界面兩大類（另又細分為本質性界面及衍生性界面）。在這些界面內，因物與物、人與人、單位與單位（如分標廠商與分標廠商）間之某種互動之關係存在，導致於許多界面問題之可能產生，進而造成工地施工上之困擾，甚至發生工程計畫無法施工、設計變更、工期延誤、成本增加及施工品質不良等後果。以實體性界面下之土建與機電間之界面問題為例。電梯工程之電梯升降道機坑與建築工程之主結構體常因為其發包時間之先後，或設計時未及時進行相關圖面（建築圖、結構圖、電梯機坑及設備詳圖及剖面圖等）之整合，導致於機坑底部筏式基礎未能配合緩降深度之降低、或使得地梁之寬度深入地梁部分淨空間不足（機坑空間未檢討）、或使得機坑空間影響地下室車道之淨高等問題。而由於類如此例之繁雜界面問題產生之基本因素、發生成因、相互作用及其影響程度並未透過系統化方式表達，故而未能預先發覺，或發覺後又未能明確的溝通表達而加以解決。也因此未將界面問題納入考量之傳統進度網圖模式並未能提供客觀準確之進度管控資訊。

本研究之目的搜集歸納目前工程計畫（建築工程類）有關界面之問題、影響及解法，再以系統化方法分析界面問題之形成要素、要素間相互作用及其影響程度等，而後發展出一套工程界面自動表達系統（Construction-Interface Representation System）簡稱 CIR 系統。

三、結果與討論

本研究將是此領域之先導計畫，研究成果可提供營建管理顧問（或總包商）對施工階段界面整合可行之措施及審查設計及施工文件及圖說採取之較佳模式，以利分析及評估界面問題對施工階段工程進度之影響。

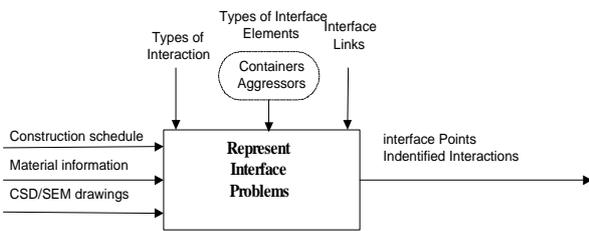
現有之中外文獻中，並未系統化地將界面問題予以詮釋，以致於各相關研究仍以案例探討或查核表等將經驗加以整理，故仍未能滿足學界及實務界之需求。有鑑於此，本研究目前正建構一系統化之界面自動表達系統（以建築工程類為研究範圍）。其採取之建構步驟有三：定義界面元素、定義界面元素相互作用及定義界面問題之種類。本研究已初

步發展出界面自動表達(CIR)系統，將可有效地詮釋界面問題之成因、作用及影響。

CIR 系統對界面問題所下之定義如次：二個以上之構件元素（包括點、管、面及體等四類）在「界面點」產生之「作用」有包被、附著及空間干擾等三類，而此等作用結果造成實務界所稱之界面問題；常見之界面問題包括構件元素必須「重置」、「改變特性」（大小、形狀或長度等）、降低原設計之功能品質或產生不可補救之破壞。

本研究目前所發展 CIR 系統為界面進度模式三年計畫之第一個重要研究項目。本研究另刻進行之研究包括(a)界面問題影響之評估系統(b)作業元素之重置或重行排序之研究及(c)解決界面問題之方法之研究等。

圖一係以 IDEF0 (International Definition Model 0 Language) [4]表達 CIR 系統「輸入—控制—輸出」機制之資訊流模型。輸入資料之作用係為定義界面點，例如 CSD/SEM 套合圖之資料提供界面



圖一：CIR 資訊流模型

元素相關屬性之資訊（如位置及尺寸等），材料資訊提供界面元素之數量，而施工進度表則表達工程作業項目中所含帶之界面元素於界面點遭遇之作用情形。CIR 系統之輸出資料為界面點（Interface Points）及其作用關係（Interaction）。

(1) 界面元素之種類

工程計畫之執行可視為將實體作業元素經由不同之順序、平行、穿透、附著或圍蔽之作用方式結合為一體，每一個元素均有可能干擾或作用於其他元素，同時也可能受其他元素干擾或作用。於 CIR 表達系統中，具干擾性之元素稱之為侵略元件（aggressor），而被動元素則稱為包容元件（container）。

侵略元件可能為點狀物或線形管件，典型之點狀物如出線盒、開關面板、及燈具；而線形管件則如線槽及污水管等；相反的，包容元件的性質則為平面、實體或圍蔽空間，例如，平面的牆、柱及梁等實體及管道間、天花板與樓板內之空間等圍蔽空間均屬之。元件之分類、代表圖形及典型之範例整理如表一所示。舉例而言，假設一組電氣管線原設計於混凝土柱內，此時，這一組電氣管線 (line) 視為侵略元件，而柱(cubic)則視為包容元件。無論採用何種處理方式（如，在灌漿前或後安裝管線）在此界面點均可能存在界面著界面問題（三度空間之界面點）。

表一：界面元件種類

Types of Elements	Elements	Representation Symbols	Typical Examples
	Article	●	electrical flush-mounted panelboards, pullboxes, lightning fixtures
	Tube		tolliery ducts, sewer pipe and busways
	Plan		wall, slab
	Cubic		column, girder
	Enclosure Space		equipment vertical ducts, runway tunnels of the elevator, ceiling void

(2) 界面作用之分類

當侵略元件與包容元件於界面點相遇時，即產生界面作用關係；作用關係之種類取決於所在界面點侵略元件及包容元件。CIR 系統中將界面作用分為三大類：即包含（embedded）、附著（attached）及空間干擾（space-interfering）。「包含作用」（embedded）發生於侵略元件全部、局部或穿透包容元件時；例如，電氣管線 (aggressor) 包含於混凝土柱 (container) 內可視為「全部包含」（totally-embedded）；而水管套管 (aggressors) 埋入牆中則視為「穿透作用」（penetrating interaction）。

從字面意義而言，「附著作用」係侵略元件附著或黏貼於包容元件之表面之作用稱之；例如，一組接線盒 (aggressors) 附著於內牆裝修才表面時即產生「附著作用」。

「空間干擾作用」（space-interfering interaction）發生於侵略元件干擾空間元件時；例如，管道間內各種管線之配置對管道間而言產生空間干擾作用。空間干擾作用，可進一步區分為三種子分類：交錯（crossing）、層次配置 (layered) 及平行配置 (parallel) 表二歸納元件間作用之主分類、次分類、圖像代號及範例。

表二：界面作用之主分類及次分類

Types of Interaction	Symbol	Definitions	Subtypes of Interaction	Symbol	Typical Examples
		Aggressors are totally or partially buried in, or penetrating through a container	Totally-embedded		Electrical tubes are totally concreted inside a column
			Partially-embedded		Electrical flush-mounted panelboards are partially buried inside a wall
			Penetrating		Sleeves of water pipes are penetrating through a wall
		Aggressors are attached to the surface of containers	Attached		Pullboxes are attached to the finishes of an interior wall
		Aggressors interfere with space-enclosure elements	Crossing		Equipment pipes are crossing in certain duct space
			Layered		Equipment pipes are layered in a floor
			Parallel		Equipment pipes are placed parallel in certain space

(3) 使用界面鏈結定義作用關係

當個別完成定義界面元件及界面作用後，本研究提出界面鏈結（Interface Links）之觀念以整合元件及作用；界面鏈結為一合乎邏輯性之關係藉由作用（或子作用）連結相關之界面元件，且界面鏈結

連接一個或多個帶有侵略元件之前置作業與一個帶有包容元件之後續作業。易言之，界面鏈結為進度網圖之鏈結具有確認前置作業之侵略元件、後置作業之包容元件及其相互作用關係之功能。

茲以圖二為例解釋界面鏈結之觀念。圖 2-(1) 顯示包含鏈結 (embedded link) 於主要階層 (如, 經高度整合或綱要階層之作業項目), 前置作業為管線施工 (帶有管線元件), 後續作業為樓版澆置混凝土作業 (帶有平面包容元件), 除傳統進度網圖資料 (Early Start, Early Finish, Late Start, Late Finish, and Duration) 外, 界面元件圖形代號 (右上角部分) 亦標註於作業上。此包含鏈結 (embedded link) 表達潛在界面問題可能發生於鏈結前後之帶有界面元件之作業項目間。

圖 2.(1)-1.1 至 2.(1)-1.3 所顯示, 係施工管理層面著眼時, 可能需更詳細調查界面問題, 第二層次界面鏈結展開便可滿足此一需求。進一步將前置作業展開, 可得到三個子作業項目分別為: E.M.T. & PVC 配管工程、套管安裝工程及出線盒安裝工程。三項子作業分別包含管類、點狀物及點狀物之侵略元件。因此, 第二階界面進度表中, 藉由三個子作用再增加三個細部鏈結 (Tube → Plan for totally-embedded, Article → Plan for partially-embedded, and Article → Plan for penetrating)。此圖像表達界面作用關係之模式提供管理者挖掘、溝通及進一步解決潛在界面問題之方法。

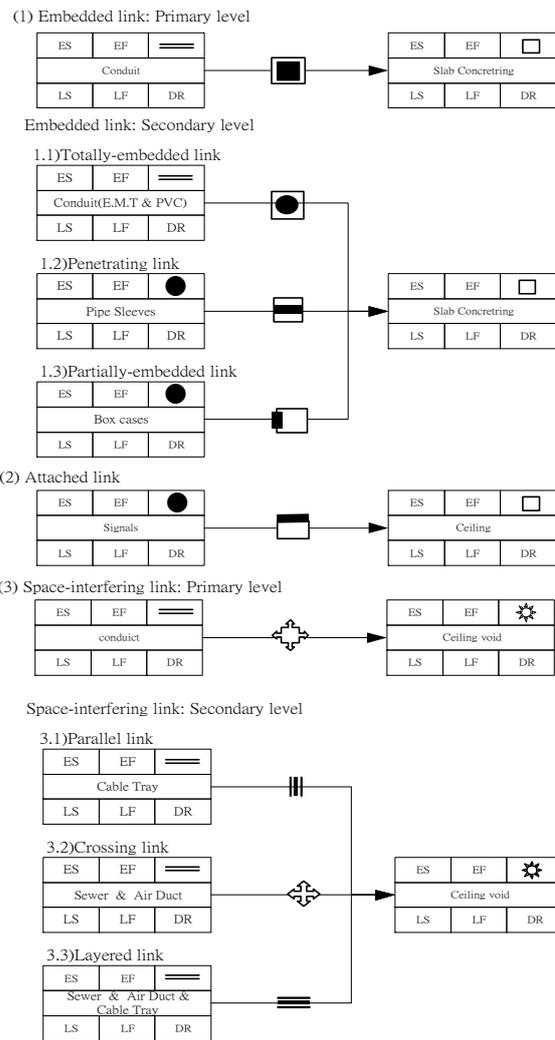
圖 2.(2) 至 2.(3) 顯示另一個第二層次展開之界面進度鏈結例。本研究刻正著手研究界面進度鏈結所攜帶之作用屬性可能對進度產生之影響。在此一例子中, 每一個全包含 (totally-embedded), 穿透 (penetrating) 及部分包含 (partially-embedded) 鏈結均會帶有工期影響因子, 這些工期影響因子可累積反映至綱要層次進度表內, 藉此便可計算界面問題對工期之影響。

四、研究成果自評

當營建管理業界仍採用傳統方式, 藉由經驗或實務經驗判斷界面問題對工程之影響時, CIR 界面表達系統提供較佳之方式表達施工界面問題。本系統定義二種界面元件屬性 (侵略元件及包容元件) 隨著作業項目呈現, 且藉由使用本研究提議之界面鏈結 (interface links), 界面元件間之作用可呈現出進度表中, 此圖像表達方式提供營建管理明確界定施工階段潛在之界面問題。CIR 表達系統藉由電腦化, 可以作為自動決策支援系統以解決界面問題, 本研究本(90)年亦預定繼續進行界面問題對進度之影響及電腦化之作業。

五、參考文獻

- Riley, D. R., and Sanvid, V. E. (1995). "Pattern of construction-space use in multistory building", *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 121(4), 464-473.
- Hanlon, E. J. (1995). "Constructability information classification scheme", *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 121(4), 337-345.



圖二：界面鏈結之觀念

- Reinschmidt, K., Griffis, F., and Bronner, P. (1992). "Integration of engineering, design and construction", *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 117(4), 756-772.
- Austin, S., Baldwin A., Li, B., and Waskett, P. (1999). "Analytical design planning technique: a model of the detailed building design process," *Design Studies*, 20, 279-296.
- O'Connor. J. T. (1987). "Constructability improvement during field operation", *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 114(4), 548-564.
- Tommelein, and P.P Zouein (1993). "Interactive dynamic layout planning", *J. of Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE, 119 (2), 266-287.
- 葉宏安、汪俊男、王維志(1999). "施工界面管理之改善", 中華民國第一屆營建管理學術研討會論文集(3/3), 281-289。
- 戴培達(1999). "施工階段界面圖繪製整合", 台灣營建研究院, 工程設計品保與界面圖說整合研討會, 227-273。
- 郭哲明、吳毓勳(1999). "建築工程施工界整合之研究", 內政部建築研究所專題研究計畫成果報告。