



勞工安全衛生研究報告

鋼管支撐材料疲勞性能研究

**Research on the Fatigue Behavior of Steel
Pipe Shoring**

鋼管支撐材料疲勞性能研究

Research on the Fatigue Behavior of Steel Pipe Shoring



研究主持人：張智奇

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國九十三年二月至九十三年十二月

印製日期：中華民國九十四年二月

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國九十四年二月

鋼管支撐材料疲勞性能研究 = Research on the
fatigue behavior of steel pipe shoring /

張智奇研究主持.-- 一版.-- 臺北縣汐止市

: 勞委會勞安所, 民 94

面 ; 公分

參考書目: 面

ISBN 986-00-0376-9 (平裝)

1. 建築工程-管理 2. 建築材料-管理
441.527

94002270

鋼管支撐材料疲勞性能研究

著(編、譯)者: 張智奇

出版機關: 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號

電話: 02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月: 中華民國九十四年二月

版(刷)次: 一版一刷

定價: 200 元

展售處:

三民書局

<http://www.sanmin.com.tw/>

台北市中正區重慶南路一段 61 號

電話: 02-23617511

台北市中山區復興北路 386 號

電話: 02-25006600

國家書坊台視總店

<http://www.govbooks.com.tw/>

台北市松山區八德路三段 10 號 B1

電話: 02-25781515#643

五南文化廣場

台中市區中山路 6 號

電話: 04-22260330

新進圖書廣場

彰化市中正路二段 5 號

電話: 04-7252792

青年書局

高雄市苓雅區青年一路 141 號 3 樓

電話: 07-3324910

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」, 網址為
<http://www.iosh.gov.tw/>。
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者, 須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有, 翻印必究】

GPN:1009400453

ISBN: 986-00-0376-9

摘要

近年來有關於臨時結構的災害頻傳，尤其是支撐材料長期重覆使用，造成材料的瞬間破壞，使得整個支撐系統倒崩塌，並造成作業勞工的傷亡。本研究之目的在於針對現有單管支撐架之強度及其疲勞特性，進行安全性能評估測試其中以超音波檢測、敲擊回音法方式檢測，並提出設計上的參考依據，除提高單管支撐架的安全性能外，並評估非破壞檢測技術的可行性。

由本研究實驗結果得知，疲勞靜載較高的鋼管其疲勞裂縫比較早形成，在材料受損方面也較嚴重，其原因是超過非彈性區間的比率較高。再者，超音波及應力波均可做為單管強度檢測的參考依據，於本報告各階段疲勞加載重後的靜載重試驗結果可以看出，疲勞載重的確對會影響鋼管的彈性係變，最大可到百分之三十左右，這對支撐結構的設計來說，應是值得注意的因素，設計時安全係數也應配合加提高，以確保支撐結構的安全。

但因本研究時間及經費的限制，只針對以框式施工架為本體的支撐架進行有限元素靜態強度模擬；疲勞性能評估方面，只做彈性模數的相對變化研究，而且只是近似的參考值，並只以單管式支撐架做實驗測試，建議後續進行較完整且較嚴謹的研究，以夠有效掌握鋼管的疲勞特性。

關鍵詞：支撐材料、疲勞、安全性能、評估測試

Abstract

There are many occupational accidents of temporary structures in recent years. Some of the most severe cases are collapses of the supporting system due to the long time repetitive use of the supporting material. This research concentrates on the strength and fatigue characteristics of the tubular steel scaffolds and performs evaluation of the safety performance. Based on the results of this research, propositions for the design of the tubular steel scaffolds are suggested to enhance the safety performance of the scaffolds. This research also studies the feasibilities of using nondestructive testing methods (ultrasound and stress wave) to test the tubular steel scaffolds.

The experimental results of this research show that the fatigue cracks of the steel tube will form at an earlier stage if the static loading is higher. The damage of the material will also be worse under this condition because the behavior is in the non-elastic region. The results also indicate that both ultrasound and stress wave methods can be used to test the steel tube. After examining the results of all the static loading tests after different repetitive loading conditions, it can be shown that the repetitive loading will have effect on the elastic coefficients of the steel tubes. The reduction can be as high as 30%. This effect should not be ignored. To ensure the safety of the supporting systems, it is advisable to increase the coefficient of safety under this condition.

Due to the restriction of time and budget, this research only performs static finite element analysis on the frame type scaffolds. The fatigue performance evaluation is done on tubular steel scaffolds only. Only the relative change of the elastic coefficients is used as a simplified approximation. It is suggested to perform a more thorough and rigorous research on this subject to gain more understanding of the fatigue characteristics.

Key words: supporting material, fatigue, safety performance, evaluation

目錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	x
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究步驟與流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
第一節 相關文獻探討.....	4
第二節 破壞力學之基本理論介紹.....	9
第三節 鋼管支撐架使用現況.....	11
第四節 超音波法簡介.....	17
第五節 敲擊回音法簡介.....	27
第三章 電腦數值模擬分析.....	44
第一節 有限元素法簡介.....	44
第二節 模板支撐架相關尺寸與規定.....	52
第三節 有限元素法分析結果.....	55
第四章 載重測試與非破壞檢測.....	77
第一節 靜載重與敲擊回音檢測技術評估.....	77
第二節 靜載重與超音波法檢測評估.....	99
第三節 疲勞載重與材料性能評估.....	125
第五章 結論與建議.....	140
第一節 結論.....	140
第二節 建議.....	140

誌謝.....141

參考文獻.....142

圖目錄

圖 2-1 依照受力型式不同所產生不同裂縫示意圖	13
圖 2-2 裂縫成長三個階段之示意圖	14
圖 2-3 常態分佈(NORMAL DISTRIBUTION)示意圖	14
圖 2-4 ANSYS 之 BEAM4 三維樑元素	15
圖 2-5 兩端受拉應力下所產生之裂縫示意圖	15
圖 2-6 鋼管支撐架之結構系統配置圖〔1〕	16
圖 2-7 鋼管支撐架之結構系統配置圖〔2〕	16
圖 2-8 壓電式產生超音波	17
圖 2-9 超音波在介質上的情形	18
圖 2-10 直束法，斜束法	21
圖 2-11 表面波法	22
圖 2-12 TODE 原理示意圖	23
圖 2-13 計算深度之公式	24
圖 2-14 衛星脈波觀察法之示意圖	25
圖 2-15 6DB 法決定瑕疵長度	26
圖 2-16 半無窮域由敲擊產生應力波之波傳示意圖	35
圖 2-17 波入射兩介質之反射與折射	36
圖 2-18 P 波入射兩介質之反射與折射	36
圖 2-19 版狀混凝土/空氣介面反射波情形及其波形	37
圖 2-20 版狀混凝土/鋼筋介面反射波情形及其波形	37
圖 2-21 完整混凝土版之敲擊回音法示意圖	38
圖 2-22 內含裂縫混凝土版之敲擊回音法	38
圖 2-23 內含 15CM 深裂縫之混凝土版試體	39
圖 2-24 敲擊回音之位移訊號圖	39
圖 2-25 敲擊回音之頻率訊號圖	40
圖 2-26 波傳遇裂縫之繞射示意圖	40
圖 2-27 內含鋼筋之混凝土版試體	41
圖 2-28 敲擊回音之位移訊號圖	41
圖 2-29 敲擊回音之頻率	42

圖 2-30 敲擊回音法檢測系統示意圖42

圖 2-31 鋼珠敲擊波源函數43

圖 2-32 模擬鋼珠波源之頻譜43

圖 3-1 有限元素流程圖48

圖 3-2 一維的單自由度桿件系統59

圖 3-3 ANSYS 之 BEAM3 二維樑元素60

圖 3-4 SOILD 45 元素網格分割示意圖60

圖 3-5 SOILD 92 元素網格分割示意圖61

圖 3-6 (A) 單管支撐架，與 (B) 門型框式支撐架61

圖 3-7 常見之門型框式支撐架種類62

圖 3-8 重型框式支撐立架62

圖 3-9 (A) 梯形支撐立架，與 (B) 拖架型支撐立架63

圖 3-10 框式支撐立架元件示意圖63

圖 3-11 支撐架交叉拉桿元件示意圖64

圖 3-12 支撐橫架示意圖64

圖 3-13 兩種型式之腳柱接頭65

圖 3-14 整體支撐構架幾何方向配置圖65

圖 3-15 加勁鋼材位置示意圖66

圖 3-16 X 方向變位圖 (編號 1 之單片立架)66

圖 3-17 X 方向變位圖 (編號 2 之單片立架)67

圖 3-18 X 方向變位圖 (編號 3 之單片立架)67

圖 3-19 X 方向變位圖 (編號 4 之單片立架)68

圖 3-20 X 方向變位圖 (編號 5 之單片立架)68

圖 3-21 X 方向變位圖 (編號 6 之單片立架)69

圖 3-22 Y 方向變位圖 (編號 1 之單片立架)69

圖 3-23 Y 方向變位圖 (編號 2 之單片立架)70

圖 3-24 Y 方向變位圖 (編號 3 之單片立架)70

圖 3-25 Y 方向變位圖 (編號 4 之單片立架)71

圖 3-26 Y 方向變位圖 (編號 5 之單片立架)71

圖 3-27 Y 方向變位圖 (編號 6 之單片立架)72

圖 3-28 挫曲變形前後示意圖 (編號 1 之單片立架)72

圖 3-29 挫曲變形前後示意圖（編號 2 之單片立架）73

圖 3-30 挫曲變形前後示意圖（編號 3 之單片立架）73

圖 3-31 挫曲變形前後示意圖（編號 4 之單片立架）74

圖 3-32 挫曲變形前後示意圖（編號 5 之單片立架）74

圖 3-33 挫曲變形前後示意圖（編號 6 之單片立架）75

圖 3-34 高 1.6 M 單管 X 方向變位圖.....75

圖 3-35 高 1.7 M 單管 X 方向變位圖.....76

圖 3-36 高 1.8 M 單管 X 方向變位圖.....76

圖 4-1 敲擊回音測試系統(包含探頭,數位類比轉換器,電腦,鋼珠).....77

圖 4-2 應力波波速量測系統(包含連接式探頭,數位類比轉換器,電腦,鋼珠).....77

圖 4-3 實驗設備78

圖 4-4 動態油壓機:本實驗最主要的儀器,它將提供週期為每秒數十次的疲勞載重79

圖 4-5 動態油壓機基底固定夾具79

圖 4-6 探頭垂直向固定夾具80

圖 4-7 裝置探頭垂直向固定夾具80

圖 4-8 實驗理論基本示意圖81

圖 4-9 實驗裝置設置基本示意圖(支撐圓管).....82

圖 4-10 將支撐圓管分成數塊狀分別量測82

圖 4-11 支撐圓管在受反覆疲勞載重83

圖 4-12 鋼管分小區塊定義84

圖 4-13 原始資料量測85

圖 4-14 在鋼管負載的過程中探頭夾具組並未裝上85

圖 4-15 探頭夾具組86

圖 4-16 探頭固定86

圖 4-17 (A)薄圓管的一小塊片狀 (B) 薄圓管的微小元素.....87

圖 4-18 變形前後的薄圓管軸視圖89

圖 4-19 薄圓管的頻散曲線93

圖 4-20 時間差=3.6E-05(S),距離=20(CM),波速=5555M/S93

圖 4-21 時間差=3.8E-05(S),距離=20(CM),波速=5263M/S94

圖 4-22 時間差=3.8E-05(S),距離=20(CM),波速=5263M/S94

圖 4-23 時間差=3.85E-05(S),距離=20(CM),波速=5194M/S95

圖 4-24	時間差=3.625E-05(S),距離=20(CM),波速=5517M/S	95
圖 4-25	時間差=3.7E-05(S),距離=20(CM),波速=5405M/S	96
圖 4-26	時間差=3.1E-05(S),距離=20(CM),波速=6451M/S	96
圖 4-27	時間差=3.4E-05(S),距離=20(CM),波速=5882M/S	97
圖 4-28	時間差=3.4E-05(S),距離=20(CM),波速=5882M/S	97
圖 4-29	時間差=3.2E-05(S),距離=20(CM),波速=6250M/S	98
圖 4-30	時間差=3.2E-05(S),距離=20(CM),波速=6250M/S	98
圖 4-31	接觸探頭 CONTACT TRANSDUCERS.....	99
圖 4-32	角度樑探頭 ANGLE BEAM TRANSDUCERS	101
圖 4-33	置換式探頭(REPLACEABLE DELAY LINE TRANSDUCERS)	101
圖 4-34	脈衝發射接受器 5072PR	102
圖 4-35	實驗裝置設置基本示意圖(金屬圓管).....	104
圖 4-36	在金屬圓柱上在不同的位置擷取各點的資料來加以分析	104
圖 4-37	示波器 LECRONY OSCILLOSCOPE	106
圖 4-38	PANAMETRICS PULSER-RECEIVER MODEL 5072 PR.	106
圖 4-39	VARIOUS FREQUENCIES OF LONGITUDIN 鋁 (V106)AND SHEAR WAVE TRANSDUCERS (V157) LONGITUDIN 鋁 AND SHEAR WAVE COUPLANTS.	107
圖 4-40	耦合劑	107
圖 4-41	PENTIUM NOTEBOOK.....	108
圖 4-42	波的反射圖	110
圖 4-43	500KG 載重.....	111
圖 4-44	1000KG 載重.....	112
圖 4-45	2000KG 載重.....	112
圖 4-46	疲勞破壞週期 (J.H.LIU).....	113
圖 4-47	直接以軸向載重迫使撓曲	114
圖 4-48	發送與接收探頭距離 5CM 波速 4854M/S	115
圖 4-49	發送與接收探頭距離 5CM 波速 4554M/S	115
圖 4-50	發送與接收探頭距離 5CM 波速 3754M/S	116
圖 4-51	發送與接收探頭距離 5CM 波速 3503M/S	116
圖 4-52	發送與接收探頭相距 1/4 圓距離 3.53CM 波速 4222M/S	117
圖 4-53	發送與接收探頭相距 1/4 圓距離 3.53CM 波速 3984M/S	117

圖 4-54	發送與接收探頭相距 1/4 圓距離 3.53CM 波速 4212M/S	118
圖 4-55	發送與接收探頭相距 1/4 圓距離 3.53CM 波速 4012M/S	118
圖 4-56	超音波量測已知裂縫及厚度對照誤差分析是意圖	119
圖 4-57	量測厚度與圓孔的位置	122
圖 4-58	單管疲勞之荷重位移測試結果	126
圖 4-59	單管疲勞之荷重時間測試結果	126
圖 4-60	單管疲勞之位移時間測試結果	127
圖 4-61	疲勞載重累計次數與相對彈性係數變化圖	127
圖 4-62	時間差=4.5E-05(S),距離=20(CM),波速=4444.4M/S	129
圖 4-63	時間差=5.75E-05(S),距離=20(CM),波速=3478.26M/S	129
圖 4-64	時間差=5E-05(S),距離=20(CM),波速=4000M/S	130
圖 4-65	時間差=5E-05(S),距離=20(CM),波速=4000M/S	130
圖 4-66	時間差=4.8E-05(S),距離=20(CM),波速=4166.6M/S	131
圖 4-67	時間差=4.8E-05(S),距離=20(CM),波速=4166.6M/S	131
圖 4-68	S101-103 波速變化.....	132
圖 4-69	S103-105 波速變化.....	133
圖 4-70	S105-107 波速變化.....	133
圖 4-71	S107-109 波速變化.....	134
圖 4-72	S109-111 波速變化.....	134
圖 4-73	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3824M/S	135
圖 4-74	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3821M/S	135
圖 4-75	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3842M/S	136
圖 4-76	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3702M/S	136
圖 4-77	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3825M/S	137
圖 4-78	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3796M/S	137
圖 4-79	P 波發射與接收探頭距離 2CM 波速 3765M/S	138

表目錄

表 3-1 常用 ANSYS 實體元素列表	47
表 3-2 支撐架細部尺寸列表（單位：CM）	54
表 3-3 支撐立架外部尺寸列表（單位：CM）	54
表 3-4 支撐立架之加勁鋼材位置列表（單位：CM）	54
表 3-5 營造業常見之兩種單片支撐立架型式	55
表 3-6 兩種單片支撐立架尺寸	56
表 3-7 型式 A 單片支撐立架分析結果（靜態）.....	56
表 3-8 型式 B 支撐立架分析結果（靜態）.....	57
表 3-9 有效長度係數與桿件邊界條件之關係	58
表 3-10 單一鋼管尤拉計算強度與模擬強度比較	59
表 4-1 未破壞前的 P-WAVE VELOCITY:.....	99
表 4-2 未破壞前的 S-WAVE VELOCITY	99
表 4-3 波數表	113
表 4-4 波速比較表	119
表 4-5 鋁的縱波	120
表 4-6 壓克力的縱波	120
表 4-7 鋁的橫波	120
表 4-8 壓克力的橫波表	121
表 4-9 鋁、壓克力材料的性質表	121
表 4-10 鋁材料的波速理論值與實驗值的誤差	121
表 4-11 各材料的實際尺寸表	122
表 4-12 鋁、壓克力的縱波表	123
表 4-13 材料誤差分析表	123
表 4-14 橫波表	123
表 4-15 誤差分析:.....	124
表 4-16 疲勞載重測試應力歷時與材料性質評估	128
表 4-17 S-WAVE VELOCITY	132
表 4-18 110 萬次疲勞負載下各點量測的平均波速（縱波）	138
表 4-19 未施以疲勞負載下各點量測的平均波速（縱波）	138

第一章 緒論

第一節 前言

模板支撐材料的功能即用來支撐模板結構之荷重，過去一向被視為一種臨時性結構。然而根據行政院勞委會針對勞工災害所做的統計，有關營建的災害為第一位。在這之中因為施工架所產生的意外就大約佔了整個營建災害的 20%，換言之，大部份的工地意外很多都脫離不了施工架的關係，這其中很有可能因為部份模板支撐材料本身已經先行破壞，進而導致整體結構的倒塌的緣故。

在過去，對於主要的結構物(如房屋，橋樑等結構)的相關安全研究較多，相對於一般結構而言，針對有關營造業模板支撐材料的安全性研究則顯得不足。再加上這些支撐材料本身屬於一種臨時性搭建之構件，本身就有可能因設計不當，例如支承承载力不足、未考慮材料長期受載重或溫度變化所產生疲勞行為的影響。另外也有可能是施工人員在搭建施工架時的疏忽，省略了某一些交叉斜拉桿件的設置，以致於整體結構再受到荷重之後即處於一種不穩定的狀態。

所幸最近數十年來，關於模板支撐材料的靜態力學行為分析，已經有不少相關的研究與文獻可供參考。然而對於模板支撐材料因為外力作用而使得構件本身產生疲勞性破壞則較少有專家學者進行其研究探討。在 CNS(中國國家標準)對於施工架的規範中，雖然有規定相關的尺寸以及構件的檢驗方式。然而針對施工框架材料的疲勞行為，卻沒有相關的實驗數據或數值模擬作為背書。因此，模板支撐材料本身因疲勞而發生破壞的行為可以說是值得深入探討的一個題目。

此外，為了預防及避免部分支撐材料本身的疲勞行為，導致整體支撐構架產生不穩定的狀態，進而造成可能的意外災害發生，吾人可以配合適當的非破壞檢測方式。例如超音波 (Ultrasonic Method) 與敲擊回音 (Impact Echo Method) 等方法 (前者是利用一高頻率發射探頭來產生音波，後者則是利用一小型鋼珠撞擊物體來導入暫態彈性應力波。與超音波檢測方式比較，敲擊回音法是屬於一種較為低頻的檢測方式)，來檢查疲勞裂縫可能的位置與長度大小，並決定該支撐構件可能的強度。或者是針對部分支撐材料採用設置應變計 (strain gage) 的方式，並配合終端

電腦及相關軟體來及時觀察疲勞裂縫的長度，以收到裂縫健康診斷與監測的效果。

第二節 研究目的

過去國內外對於疲勞的相關研究，大部份是針對機械性材料，例如車輛元件接合處，航太飛行器之金屬等複合材料，除了可以利用破壞力學的領域來研究其材料裂縫的成長行為外，同時也有不少研究是利用統計學的方式，針對其材料可能發生破壞之機率與位置做相關探討。至於在土木工程領域方面，早期並無這方面的相關研究，不過近年來發現，越來越多的老舊結構物因受到反覆荷重的影響，使得這些結構物產生疲勞行為，進而產生微裂縫(micro crack)，這些微裂縫本身又因為某些因素，導致裂縫隨者成長速率的不同，進而先後發生明顯的破壞行為。因此在近年來國內外已有許多的文獻，針對諸如房屋、橋樑、道路、水工結構物，以及配給輸送管線等疲勞行為進行一連串的分析與研究。例如殘餘壽命的評估，或利用可靠度分析的方式，來推測該結構體可能發生破壞的機率。但是針對於營造業模板支撐材料的疲勞行為，則鮮少有較為完整的探討。雖然模板之支撐結構比起主體結構物來說，算是一種臨時性之結構體，但是造成倒塌的一些潛在因素是無法加以忽視的，例如加載在這些支撐材料上的活載重(live load)、現地施工機具產生的週期性外力、或者混凝土的灌漿造成支撐材料本身的週期性振動、以及溫度的改變，皆有可能造成材料本身因疲勞而產生破壞的行為。由於國內目前的模板支撐材料，絕大部份使用是以鋼管材料為主，因此本計畫將針對此一支撐材料受到循環載重(cycle loading)時是否會發生疲勞行為進行相關的研究。同時，一部分的模板支撐材料因發生疲勞行為所形成的裂縫，本研究也將使用非破壞檢測(Non Destructive Tesing)的方式，利用超音波與敲擊回音法等常見的現地檢測方法，來針對疲勞裂縫可能的位置與深度進行檢測，並藉此評估此模板支撐材料的強度大小。

以下幾點所列即為本計畫主要研究目的與方向：

- (一) 模板支撐材料受靜態載重時之行為分析。
- (二) 模板支撐材料受循環載重時之疲勞行為分析。
- (三) 模板支撐材料之非破壞檢測研究。

第三節 研究步驟與流程

關於模板支撐材料的研究，基本上可大致分為以下步驟來進行：

(一) 相關文獻與資料收集

此部分包含：

1. 蒐集國內外材料疲勞與破壞力學相關基本理論之參考文獻，以作為推導鋼管支撐材料疲勞行為之基本理論，並評估可能發生的原因。
2. 國內外相關結構可靠度分析之文獻與資料整理。
3. 非破壞檢測方法運用於裂縫檢測之相關文獻回顧。

(二) 基本理論與公式之推導

一但結構物產生疲勞的現象，並非立刻發生破壞，而是該結構物在特定處先產生裂縫，此部份即闡述相關疲勞破壞的理論。包含如下所列：

1. 破壞力學之基本理論架構。
2. 造成支撐架疲勞的可能成因，S-N 疲勞曲線分析與疲勞損傷模式。
3. 結構可靠度分析之基本理論。
4. 波傳相關理論之介紹。

(三) 電腦數值模擬分析

這部分將利用商用有限元素法軟體 ANSYS，針對模板支撐材料進行靜態以及受循環加載下疲勞的相關分析。

(四) 實驗部分

此部份將針對現地中數種常見的支撐架，利用大型油壓萬能試驗機來進行一連串疲勞試驗，並與數值模擬部分做一綜合比較。

(五) 預防與診斷方式

這裡將針對如何運用一些非破壞性檢測與監測方式，並配合數值模擬及實驗分析，來預防現地模板支撐材料因疲勞而產生的破壞，以避免此種職業災害再度發生。

(六) 結論與建議

第二章 文獻回顧

第一節 相關文獻探討

(一) 應力強度因子(Stress intensity factor)

造成工地模板支撐材料產生疲勞的成因很多，就之前在緒論章節所提到的，包含了活載重的反覆加載，現地施工機具造成整體施工框架反覆振動所產生構件的疲勞，以及因為溫度的不斷變化使得施工架的構件間發生熱脹冷縮，形成另一種 cycle loading(循環載重)。以上這些都很有可能是讓現地的施工框架發生破壞的因素。

首先，由於疲勞行為的產生往往使得施工架之桿件產生裂縫，因此需要破壞力學的理論作為研究施工架疲勞行為的背景與基礎。在 20 世紀初期(西元 1912 年)，Griffith 利用能量彼此應相互平衡的觀念，解釋了新裂縫發生的原因在於總位能的變化量等於或大於兩個新裂縫的表面能時，便會產生新的裂縫。也可以說，當某一材料的裂縫尖端應力值超過其材料的臨界應力時，即會產生新的裂縫。台灣大學機械工程學系研究所陳品成，就提到關於一個無窮長的平板在兩端受均佈拉力下，開裂裂縫尖端之應力分佈模式，並藉由應力強度因子(Stress intensity factor) K 值來評估裂縫的成長速率與是否會繼續成長等基本理論之闡述。自從 1962 年，Irwin 首度提出了應力強度因子後，接者便又提出了在垂直於裂縫表面的伸張應力下，一個無限大的構件內若含有橢圓形裂縫的數學解析解。至於一些表面裂縫或者是角裂縫，Newman 和 Raju 這兩位曾針對這些情況，利用有限元素法的方式，在一定的裂縫長寬比和裂縫深度下，可以得到其應力強度因子的數值解。然而，此一數值解僅僅符合某些特定條件下的答案，無法代表其它不同裂縫長度與深度的應力強度因子。

(二) 疲勞裂縫的成長行為

在線彈性力學的範疇中，是利用應力強度因子來描述裂縫尖端附近處的應力場行為。根據其受力型式的不同，裂縫型態也可分為下列幾種型式：張裂型(Opening Mode)、滑裂型(Sliding Mode)、撕裂型(Tearing Mode)。張裂型裂縫是指該裂縫表