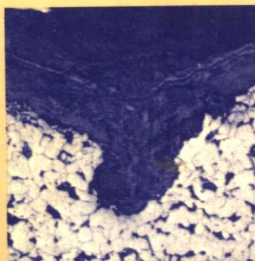
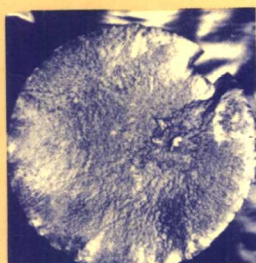
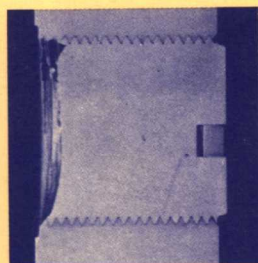
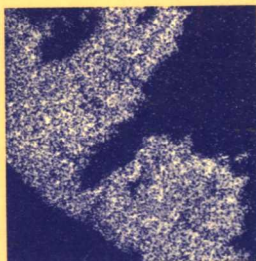
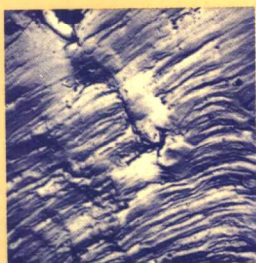


機械機器破損原因及對策

楊義雄・賴子邨 編譯



機械技術出版社 印行



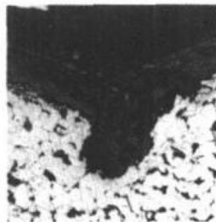
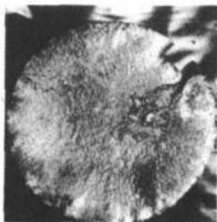
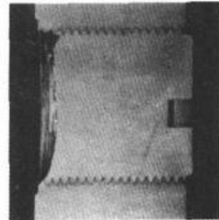
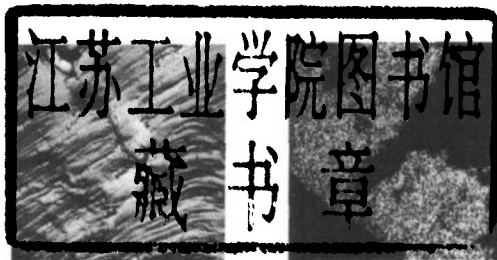
全華科技圖書股份有限公司 經銷

TH1114

Y262

機械機器破損原因及對策

楊義雄・賴子邨 編譯



機械技術出版社 印行



全華科技圖書股份有限公司 經銷

推薦辭

最近，隨著機械與結構體之高性能化、大型化，於強度上所要求之條件逐漸苛刻。本書於此種情況下，對機械與結構體，就安全性與經濟性之立場，提供合理之設計上與使用上有關強度之諸多參考項目。著者以其豐富之現場經驗與深湛之洞察力為基礎，對於許多破損事故之具體例加以解說，同時敘述其對策。

著者西田新一君，畢業於九州大學博士班，於1970年4月進入新日本製鐵株式會社，迄今一直致力於有關強度上諸問題之解決與破壞力學相關之研究。其中尤以開發出極富創意之「高速鐵軌試驗機」（註：1985年日本機械學會頒贈〔技術〕獎）使用於新幹線之鐵軌，以實驗解決許多實際問題，倍受研究界之注目。視野廣濶，洞察力優異之著者，以實際從事機械與結構體之設計，保養者之立場完成此書。對於現場之設計人員、技術人員以及正在學習有關破壞問題之學生，深信這是一本有極高價值之座右書。爰為之介。

九州大學工學部 教授
工學博士 西谷弘信

推薦辭

我國正處於由高度成長轉變為安定成長的時代，於是反映出鋼鐵與重工業的停滯。無可否認，我們的工業重心已由「重、厚、長、大」轉移成「輕、薄、短、小」。但人類的幸福與繁榮，最終都完成於製造出有價值的物品，為了「製造物品」需要種種「設備、機器」及其組合而成的「結構物」。因此，現代為使「重厚長大」與「輕薄短小」相配合，尤其需要更有效率地發揮效用。所謂「重厚長大」未來將淪於無用的論斷，實言之過早。

此外，一般人的報告中，大部份均為有關成功的例子，其中當然也包括了少數失敗的例子，但大多數均以引證成功例為目標。試問，搜集資料以供參考時，「成功例」與「失敗例」究以何者較為有用？此書為失敗例的集積，希望能由此引出成功例。

自有人類以來，「設備、機器」即一直存在，其演進歷史由「大型化」而「高性能化」，而環境的要求則日益嚴苛。目前的時代，需對設備充分檢討，亦即要有充分的機能、高信賴的性能、與低成本下長期的發揮。不僅如此，如果在製造之初，便考慮做出理想的設備、機器，則本書也必將有所助益。

吾友西田新一君自1970年進入本公司以來，於八幡從事有關疲勞方面的深入研究，以精湛的知識為基礎，並於現場實際深廣發掘，迄今發表於國內的論文已逾150篇。本書為西田君長年研究成果的累積，深信必廣受各界採納、運用，故特為推薦。

新日本製鐵株式會社 副社長
中央研究本部長 細木繁郎

原 序

詩云“它山之石，可以攻錯”之言，亦即「秦人不暇自哀，而後人哀之。後人哀之，而不鑑之，亦使後人而復哀後人也」之戒。這些「秦人」、「後人」如以「物」或「設備」代替又作何解釋？

「設備」遭遇破損，或情況變壞經常會發生。除非特殊設備之外，否則於國內或同一公司內或組織中類似之設備裝有數台者並不希罕，其中如有一台破損時，對此加以詳細調查、解析，藉以防範類似之破損事故於未然，站在充分活用有限資源之觀點，其優點實無法衡量。

本書即以此為目的而執筆，著者不敏，加以此種應用問題之解析範圍極為廣泛，內容無法盡如諸君之意者必極多。雖然如此，著者亦不敢以必定要求盡善之心而永遠無法出版，謹能祈諸位讀者將疏漏錯誤之處不吝指正（參照圖(a)）。

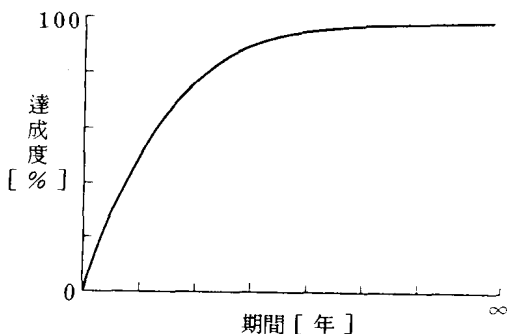


圖 a 期間與達成度之關係

第一章對有關破損之基本事項加以敘述，一旦發生破損，不但直接之損失，且亦造成間接損失，因此而影響整個企業或該團體之形象者亦有，故本章特別強調破損事故之重要性。

第二章敘述破損事故解析手法，通常之結構物零件或材料大部份長期曝露於腐蝕環境中使用，因此對於金屬附着物（氧化物）之除去方法亦加介紹。並對有關實際破損解析之書籍加以推介。

第三章對各種破損事例之解析，所必須具備之基本知識及資料等加以敘述。

第四章收集了 40 件以上之破損事例，逐一詳細解說破損解析方法。這些日常有如茶飯般經常經歷之破損事例，如鋼索不知何時必會破斷、螺桿與齒輪為機械零件之代表性破損事例。配管系閥及未稼動管線之破損為不可思議之現象，一經點破即可瞭然之破損事例。大抵零件係由缺口等之應力集中部發生破壞，代表此種意義之傳動軸與由熔接部之破損事例等亦加介紹。篇幅所限，內容尚未盡完美，材料亦應擴及鐵系以外之範圍，而在解析方法使用更高度技術。由於著者本身能力與時間所限，疏漏之處，當另行改善。

最後，本書編寫時承公司內外許多有關人員之指導、鞭策始克完成。謹向下列諸君致感謝之意。

首先，對自著者由學生時代迄今 20 年以上始終以充滿慈愛態度指導之西谷弘信先生〔九大（工）〕謹致由衷謝忱，其間並受下列諸君助言及協力。

平野富士夫（九大名譽教授）、橫堀武夫（東北大名譽教授）、前川一郎〔東北大（工）教授〕、北川英夫（東大名譽教授）、小寺沢良一（筑波大教授）、大塚昭夫〔名大（工）教授〕、駒井謙治郎〔京大（工）教授〕、大路清嗣〔大阪大（工）教授〕、山川宏二〔大府大（工）教授〕、關口久美（姫路工大教授）、遠藤達雄（九工大教授）、原田昭治（九工大助教授）、村上敬宜〔九大（工）教授〕、長尾幸男（元三井造船技術研主任研究員）、佐野義一（日立金屬技師）、江源隆一郎（三菱重工廣島研主務）。

又，公司內諸君賜予支援：

細木繁郎（副社長，中央研究本部長）、坂倉 昭〔（元）中研企畫部長〕、富浦 梓（技術企畫管理部長）、木村達也（八幡・副所長）、林本弘毅（部長研究員）、神田光雄（八幡技術部長）、杉野和男（次長研究員）、浦島親行（研究員）、八木 明、東山博吉（次長研究員）、溝口 茂、矢崎陽一（次長研究員）、林田 昊（設備部長）、淺村 俊（薄板部長）、岩永 健（厚板條鋼部長）、高島弘教（部長研究員）、米倉隆行（掛長）。

尤其浦島親行研究員經常撥冗相助，除上述諸君外，限於篇幅無法一一列名，實感歉甚！

藉此機會對於長年指導著者之本公司諸位先輩，謹致最深謝意。

著者

譯者序

最近，有幾件事故發生，頗受人重視。

1. 1979年3月28日美國賓州三哩島核能廠，由於核能三號反應爐上一個小活塞故障，導致一連串的機器連鎖反應，輻射塵外洩，至1986年聯邦法院判決製造廠商「大都會愛迪生公司」賠償美金二千五百萬元。
2. 1985年7月7日我國核三廠由於低壓汽機末段八片葉片破損，十五片葉片尖端折斷，引燃火災，幸防範得宜，未造成核子輻射塵外洩，但停機修復費時經年，損失數以億計。而且使原擬投資數百億之核能發電計劃，在國人反對下，因而中止。
3. 1987年2月20日台北翡翠水庫沖刷道擋水閘門吊門機鋼軸斷裂，雖然更換修復之費用僅需三百萬元，但換修之前需將水庫中數億噸存水完全放空，不但造成資源之損失，而且嚴重影響大台北地區之供水與安全問題。

以上三例，均係由微小之疏忽而造成極嚴重之損失。

工業型態已逐漸朝著一貫作業與無人化之目標前進，因此其中一個零件的破損往往造成全生產線的停頓，再加上尖端科技「輕、薄、短、小」的要求也日益迫切，因此對於任何一個微小零件的製造均不能掉以輕心，以免因小失大。

在此，我們特別選擇了日本西田新一博士所著的「機械機器破損之原因與對策」一書譯出，介紹給諸位，書中由吾人周圍坐椅之破損說明起，逐漸引入工廠最常接觸之鋼索、傳動軸、螺桿、齒輪、管線、熔接部位、鐵軌接合部等之破損。針對各種破損狀況、介紹如何進行調查、需要調查之項目、使用之手法、資料之研判、破損原因之解明與對策之方法。深信以

如此之方法必能有助於諸君對遭遇類似問題時之追查原因與建立對策，並防止再發。

本書之成，承全華科技圖書公司賜予鼎助，殊深感激。書中疏誤之處尚祈諸君不吝指正，尤至企盼。

賴子邨・楊義雄 謹序

目錄

第1章 材料強度與破損之種類	1-1
1.1 破損解析之重要性	1-1
1.2 破損事故會招致重大損失	1-2
1.2.1 破損之定義	1-2
1.2.2 破損事故所引起之損失	1-4
1.3 破損事故發生之條件及其內容	1-5
1.3.1 破損事故發生之條件	1-5
1.3.2 破損材料與破損原因之內容	1-5
第2章 破損事故解析方法	2-1
2.1 破損事故解析項目及其順序	2-1
2.2 實際解析破損事故應注意事項	2-3
2.3 金屬附着物之除去方法	2-3
2.3.1 附着物除去法之種類	2-4
2.3.2 實驗方法、實驗結果及考察	2-6
2.4 實施破損解析時有關之參考文獻	2-17
第3章 疲勞龜裂之發生與延伸	3-1
3.1 疲勞破損之特徵	3-1
3.2 疲勞龜裂之發生	3-2
3.3 疲勞龜裂之延伸	3-4
3.3.1 實驗方法	3-5
3.3.2 實驗結果	3-6
3.4 最終破壞	3-10

第4章 破損事例解析	4-1
4.1 週身附近之破損事例	4-1
4.2 吊車頭部滑輪支架之破損	4-6
4.2.1 事故狀況	4-6
4.2.2 破壞原因調查與解析	4-7
4.2.3 破壞力學之檢討	4-11
4.2.4 結論與對策	4-13
4.3 鋼索之破損	4-13
4.3.1 有關鋼索破損之概論	4-13
4.3.2 鋼索破損事例解析	4-14
4.3.3 總 結	4-33
4.4 傳動軸之破損	4-34
4.4.1 吊車行走軸之破損	4-34
4.4.2 抽水機聯結軸之破損	4-41
4.5 OCB設備曲柄部之破損	4-42
4.5.1 破損概況	4-42
4.5.2 破損原因調查與對策	4-44
4.5.3 結論與對策	4-46
4.6 電氣集塵機放電線之破損	4-46
4.6.1 破損狀況	4-46
4.6.2 破損原因調查	4-48
4.6.3 以應力測定推定破斷之可能性	4-51
4.6.4 破壞力學的檢討與破斷為止之應力反覆 數推定	4-54
4.6.5 結論與對策	4-58
4.7 各種螺絲鎖緊體之破損（疲勞破損）	4-59
4.7.1 通常螺桿之疲勞限度	4-60
4.7.2 各種螺絲鎖緊體之破損	4-64
4.7.3 有關各種螺絲鎖緊體破損之結論	4-81

4.7.4	提高螺絲鎖緊體疲勞強度之傳統對策及效果	4-81
4.7.5	螺紋形狀等對疲勞強度之影響	4-92
4.7.6	新式提高螺桿疲勞強度之方法	4-101
4.8	各種螺絲鎖緊體之環境破損	4-109
4.8.1	水管架橋螺桿之破損	4-109
4.8.2	Ar 氣體支架液面計鎖緊螺桿之破損	4-114
4.8.3	高爐頂部凸緣鎖緊螺桿之破損	4-120
4.9	齒輪之破損	4-127
4.9.1	齒輪一般的破損型態	4-127
4.9.2	例 1：淬火不良引起齒之破損	4-129
4.9.3	例 2：由於過負荷與熱處理不良之破損	4-130
4.9.4	例 3：由於滲碳、硬化不良使齒之磨耗與剝離	4-136
4.9.5	例 4：由於過負荷與腐蝕使齒面蝕點、凹痕與裂痕	4-142
4.9.6	例 5：由於應力腐蝕與腐蝕疲勞之破損	4-145
4.10	配管系閥之破損	4-148
4.10.1	破損原因調查	4-149
4.10.2	實驗方法	4-153
4.10.3	實驗結果與考察	4-154
4.10.4	結論與對策	4-163
4.11	未稼動管線之破損	4-163
4.11.1	緒 言	4-163
4.11.2	調查與實驗方法	4-164
4.11.3	調查結果與實驗結果	4-166
4.11.4	破損發生原因之檢討	4-171
4.11.5	結 論	4-176
4.12	由機械、機器之熔接部之破損	4-176
4.12.1	例 1：壓軋機支架之龜裂	4-176

4.12.2 例 2：卸貨機平衡部之破損	4-181
4.12.3 例 3：電鍍槽熔接部之破損	4-184
4.12.4 例 4：油壓千斤頂承受反作用力部之破損	4-192
4.12.5 結 論	4-202
4.13 滾輪之破損	4-202
4.13.1 加工後段作業滾輪之破損種類與形態	4-203
4.13.2 剝離與破裂之臨床解析	4-208
4.13.3 破損結果之考察	4-214
4.14 鐵軌連結部之破損	4-215
4.14.1 顎下龜裂之特徵	4-215
4.14.2 顎下龜裂之調查與解析	4-216
4.14.3 鐵軌顎下龜裂室內再現實驗與其影響因子之檢討	4-219
4.14.4 殘留應力控制熱處理鐵軌之開發	4-224
結 語	4-226

材料強度與破損之種類

1

1.1 破損解析之重要性

近年來，由於工業技術之發達，在設備上追求高效率、高生產性之同時，對於低成本、節省能源、省力化、工程省略等諸多條件亦要求滿足。進入新世紀後，由於時代之需要，鋼結構物將更加大型化與高性能化，而其使用環境亦有更加苛酷之趨勢。此外，由於社會科學進步，個人自我意識之提昇，對於設備之安全性已列為最優先考慮之事項。因此，設計人員非要站在「高性能化」、「降低成本」及「提高信賴性」等之立場來設計不可。

因此，於實際設計時，對於破損之觀點可區分為以下二類：①不容許破損之設計 (Safe-life design)，②容許破損，但須靠保養、維護以確保安全性之設計 (Damage tolerance design, Fail-safe design)。對於鋼結構物，一般均屬：①之設計。②則為有嚴格重量限制之飛機、軸承與鋼索等，在其使用特性上必須有使用壽命之規定。

但是，在採取高安全率所設計，不會損壞之結構物，却經常發現於低負載時發生意外破損之報告。衆所皆知，鋼結構物其破損事例中 80～90% 以上均直接或間接起因於材料之「疲勞」。事實上，著者及許多研究者所共同關心之破損事例，亦可以具體數值證明之。

在日本，從事於材料疲勞之研究人員甚多，而重視疲勞現象者亦不少。但迄今為止，大部分之研究重點，均在於基礎現象之闡釋，尤其對於有關疲勞破損要因之說明極多，而對於實用之研究則較罕見。尤其，大部分之破損事故對於當事者而言均為「不名譽事件」，故僅從事於「事後之研究」。破損事故按

發生件數公布之比例甚低。故無法以破損事故之實例當做「活的教訓」積極活用，並非言過其實。

破損事例為一寶貴之實驗點（有價值之失敗例）。一般而言，於實驗室中小規模之實驗無法得到現場實際條件之資料。世上「失敗之例比成功之例更為有用」已是不爭之論。對於種種破損事例，查明其原因，建立對策，為防止事故再發生之必要手段，且能活用為今後設計之指針乃為最重要之事。就此觀點，本書乃特別強調破損事例解析之重要性，並舉例敘述解析手法。破損解析事例中大部分由於上述理由起因於疲勞之外，尚有其他之原因，由於瞭解破損解析之基本想法，可判斷為適應於泛用性。

1.2 破損事故會招致重大損失

破損事故發生時，多少總會有些損失。尤其最近工廠全體或公司全體已走入一貫作業化，任何一個地方發生故障均會影響整個生產線。一旦發生破損事故，就要儘快查明原因，並講求對策之建立。在此，先就破損之定義敘述後，再介紹破損事故之損失。

1.2.1 破損之定義

破損 (Failure) 為材料發生塑性變形（永久變形）之狀態，換言之，即產生非可逆性之痕跡狀態之總稱，可區分為以下四大類：

- ① 損傷（狹義之 Damage）。
- ② 破壞（Fracture）。
- ③ 破斷（Break）。
- ③' 破斷（Rupture）。

損傷是指比新品累積某些傷害之狀態，對於材料而言為尚可充分使用之狀態。破壞係指發生龜裂之狀態，破斷則指材料分離為2個以上之狀態。但是，破壞亦使用於含有破斷意味之情況下（例如破面，Fracture surface），亦常使用於切斷或線狀材料之斷線相同意義之情況。Rupture則為破斷之特殊情況，乃由於塑性滑動所引起之破斷，使用於延性極高材料之破斷情況，例如潛變破斷，Creep rupture）。不論如何，於破壞或破斷之狀態，材料已不堪再供使用。此外，廣義之損傷有時亦與破損同意義使用。以上所述可歸納如圖 1.1。

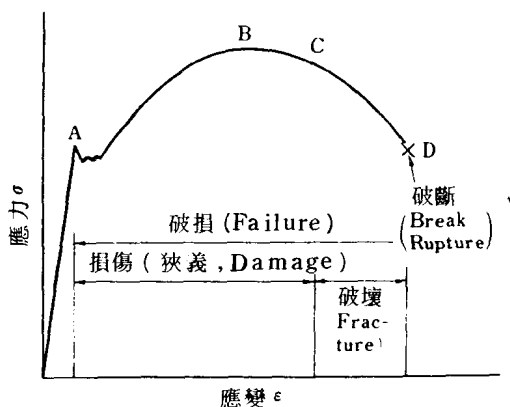


圖 1.1 破損之定義

表 1.1 破損之種類及其目視之特徵

種 類	發生次數之順位	目 視 現 象	目視進行程度	安 全 性
疲 勞	1	無 法 目 視	急 劇	危 險
磨 耗	2	可 目 視	漸 進	安 全
腐 蝕	3	可 目 視	漸 進	安 全
其他（衝擊、 過大應力）	4	無 法 目 視	急 劇	危 險

靜伸張之情況時，破損係於降伏點以上之應力繼續增加而發生。但於疲勞之情況，塑性變形發生於材料之局部，僅發生於某部分之情況較多，圖 1.1 所示之定義為目視之現象，須加注意。換言之，於彈性限度以下增加微小之應力，由於反復產生疲勞龜裂，以致於破斷之情況。因此，破損、損傷與破壞之狀態於材料之降伏強度以下也會發生。

廣義之破損包括疲勞、磨耗、腐蝕等。表 1.1 表示，疲勞之情況，無法以肉眼目視，但由於進行激烈，因此一般均非常危險，磨耗與腐蝕均能以肉眼目視，破損進行之程度為漸進式，於中間檢查時容易調查其安全性。此外，於遭受衝擊或過大應力之情況亦會發生突然破壞。由於操作、設計與製造等人為錯誤之因素所引起，故不能忽視。綜合以上所述，在此就破損之主因除磨耗與腐蝕之外，由發生次數與安全性之觀點，以疲勞為主之急劇破損為限加以敘述。

1.2.2 破損事故所引起之損失

圖 1.2 所示為破損事故所引起之損失。在一般情況下，破損事故之 85 ~ 90 % 以上通常均直接或間接起因於疲勞。由於破損事故所引起之損失有直接損失與間接損失。前者包括製品破損、修理費用、對策費用及災害補償費等。希望修理工程與對策工程能同時進行，但關於生產設備，則由於生產線停止而招致產量減少，故復舊當列為最優先，而將對策工程於定期修理或保養時進行之，乃常有之事。如因破損事故而發生人員傷亡或損害隣近居民時，則發生災害補償問題，政府監督單位之會同檢查與追究工廠安全管理者之責任問題均會發生。為避免上述情況之發生，唯有經常注意預防與保養，並認真執行。間接之損失，可列舉為現場士氣之低落、生產量之減退與形象受損等。在今日，一般之機械幾乎均屬按鈕操作，常聽到一旦發生重大事故時，操作人員也會有英雄無用武之地之感。從前均注重於直接之損失，但最近為確保優秀之人材，已逐漸轉變為重視於形象之受損。

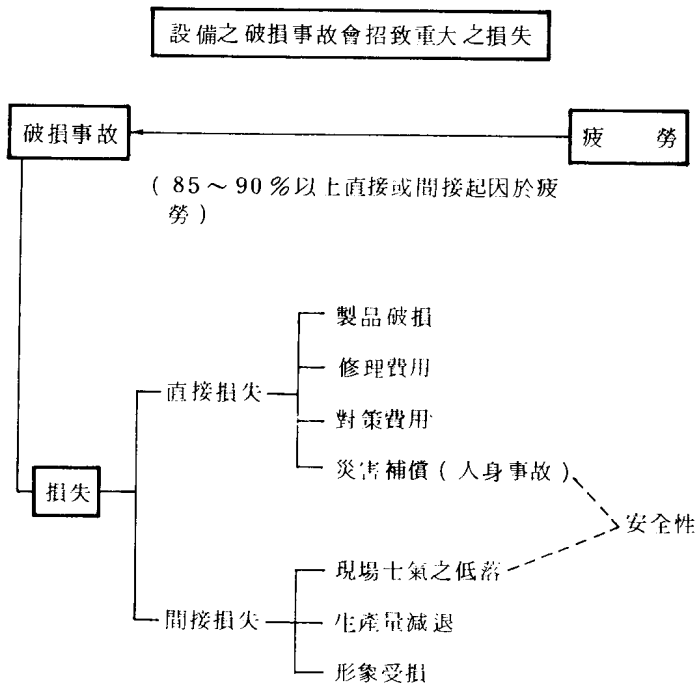


圖 1.2 破損事故與損失