

GANGQIAO PILAO SHEJI JIESHUO

钢桥疲劳设计解说

J.W. 费 希 尔 著
钱 冬 生 译

人 民 铁 道 出 版 社

钢 桥 疲 劳 设 计 解 说

I.W. 费 希 尔 著
钱 冬 生 译

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 8 0 年 • 北 京

John W. Fisher
Bridge Fatigue Guide
Design and Detail
American Institute of Steel Construction
1977

钢桥疲劳设计解说

J. W. 费希尔著

钱冬生译

人民铁道出版社出版

责任编辑 王能远 封面设计 翟达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.75 字数: 128 千

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

印数: 0001—4,500 册 定价: 0.64 元

译者的话

(一) 对本书的简介

本书除附录外，共分七章。第一章泛谈结构细节在改变结构疲劳强度方面的决定性影响。第二章用例题说明怎样照美国公路桥1977年设计规范对于实腹梁桥进行疲劳验算。第三和第四章阐明美国在1977年全面修改钢结构疲劳设计规范所持的论据，并是结合着公路桥新规范讲的。为了将铁路桥设计规范所订的数据来源也讲清楚，在附录B全文转载了铁路桥规范为此而写的说明。第五至第七章阐述美国在其公路和铁路桥的细节中，由于在设计计算方面一向较少考虑的因素所引起的疲劳问题；这是一些有益的经验，是可以作为设计规范的补充来看待的。

在1977年以前，美国铁路桥疲劳设计规范也用结构的计算总应力最大值 (σ_{max}) 来进行疲劳验算，要求这最大值不超过疲劳应力容许值 ($[\sigma_n]$)，而疲劳应力容许值则是应力比 ($\rho = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ ，其中 σ_{min} 是计算应力最小值) 的函数。 $[\sigma_n]$ 和 ρ 的关系式，在形式上和我国铁路现行有关的规范所给算式属于同一类。

但从1967年起，美国公路界开始了一个规模较大的疲劳试验研究工作。在对实桥组织观测之外，在室内也对焊接钢梁进行了许多疲劳试验（梁高为350至960mm，试验的细节为盖板中断、竖加劲肋焊连、水平节点板焊连、有对接焊以及没有任何焊连情况，试件数目按进行统计分析的需要规定，钢种包括低碳钢及屈服点达70kg/mm²的结构钢，在常幅应力疲劳试验之外，还包括一些用于验证积伤规律的变幅应力疲劳试验）。以此为基础，认为对结构疲劳表现起决定作用的应力参数（书中也叫它为变数）是应力脉动量（它等于 $\sigma_{max} - \sigma_{min}$ ），而不是应力比。经过从1973到1977年的几次修订，美国公路桥设计规范在1977年正式采用了一个按应力脉动量进行疲劳验算的新规范。在同一年，美国铁路桥和钢结构也参照公路桥新规范而作了相应的修改。

这书就是配合上述规范的重大修改而编写的。

(二) 对主要译名、缩写、符号和计量单位的说明

1. 主要译名（按在本书出现先后排列）

Stress range——应力脉动量；指在重复受力的一个循环中的 ($\sigma_{max} - \sigma_{min}$) 值。

Discontinuity——缺口，因是指气泡、夹渣、不熔透、内凹等使应力流不连续的因素，是和结构的连续或不连续有区别的，就仍按已习用的 *Notch* 一词来译。

Groove weld——对接焊缝；这是指开坡口的焊缝。当它和应力方向垂直时，那就是习知的对焊（对接焊），即 *Butt Weld*。当它和应力方向平行时，则称为纵向对接焊。

Cover plated beam——有盖板的梁；本书用这一名词指在梁的翼缘之外有盖板，且盖板的端头（截断点）位于所说的梁的范围之内的情况。

Attachment——附连，附连件。

Backing bar——堵漏条。

Partial penetration weld——不透对缝焊。

Lamellar tear——层裂；当钢材有夹层时，在它表面上的对缝焊的冷缩，使夹层变成裂口的一种现象。

Redundant load path structure——有冗余结构。

Nonredundant load path structure——无冗余结构。

“Threshold” value——“门坎”值；意指最低值。

Flaw——缺陷。

Gap——自由隙。

95% Survival——保证率为95%。

95% Confidence limit——95%的置信限。

Recommended...——推荐的。

Suggested...——建议的。

Truck loading——汽车荷载。

Lane loading——车道荷载。

2. 缩写

AISC=American Institute of Steel Construction, 美国钢结构学会

AWS=American Welding Society, 美国焊接学会

ASTM=American Society for Testing and Materials 美国材料测试学会

AASHTO=American Association of State Highway and Transportation Officials
美国各州公路及运输人员协会

AREA=American Railway Engineering Association, 美国铁路工程协会

NCHRP=National Cooperative Highway Research Program, 全国公路研究合作计划

3. 符号

HS20——美国的汽车标准荷载的一种，20表示前轴和第二轴的总重是20美国吨，S表示还有第三轴的轴重是 $0.8 \times 20 = 16$ 美国吨。1美国吨=2000磅=0.908公吨，所以，一辆HS20标准汽车毛重约为32.7吨。它是美国公路标准活载中最重者。

F_v ——屈服点。

f_c' ——混凝土抗压强度。

$f_c, f_t, f_{L+I}, f_{sr}, f_{max}, f_{min}$ ——用 f 表示计算应力，下角 c 表示受压， t 表示受拉， $L+I$ 表示由活载及冲击所生， sr 表示应力脉动量， max 表示最大， min 表示最小。

$L+I$ ——活载加冲击。

n ——在第二章表示弹性模量比。

F_{sr} ——应力脉动量的容许值（在AREA规范说明中用 $S_{R/a}$ 表示）。

S_t , S_b —— S 表示截面模量, 下角 t 表示上缘, b 表示下缘。

$W36 \times 170$ —— W 表示宽翼缘型材, 36表示截面高度以英寸计, 170表示单长自重以磅/英尺计。

RMS ——均方根, 原文是 *Root Mean Square*。

A7——全称是 ASTM-A7, 即 ASTM 所规定的钢号 A7。这是一低碳钢, 它现已被 A36 代替。

A36——ASTM 规定的一种钢号, 低碳钢, 屈服点是 36ksi (约 25.4kg/mm²)。

A441——屈服点为 42~50 ksi 的低合金钢。

A588——屈服点为 50 ksi 的低合金钢。

A514——屈服点为 90~100 ksi 的高强结构钢。

A517——屈服点为 100 ksi 的高强结构钢。

此外, 应力脉动量还用 S_r (本书正文) 或 S_R (在 AREA 规范说明) 表示; 应力比总是用 R 表示 (在我国时常用 ρ 表示)。还有一些在文内随时注明的符号, 就不列举了。

4. 计量单位

ft——英尺, 有时用'表示, 例如, 100'代表100英尺。

in——英寸, 有时用"表示, 例如, 1"代表1英寸。

lb——磅

kips(或k)——千磅 (在不会发生误会时, 可用k-ft表示千磅英尺)。

ksi——千磅/英寸²。

psi——磅/英寸²。

MPa——在附录 B 表 1.7.2A1 所列的这一单位是国际单位制所使用的百万帕斯卡, 每帕斯卡等于 1 牛顿/米²; 因此, 1MPa=0.102kg/mm²。

AISC说明

本书所提供的材料，是按公认的工程原理和实践来编写的；它只是一般性的资料。读者应该知道，当他熟思和采用本书的资料或推荐措施时，他始终必须独立地进行自己业务方面的判断。出版这本书，并不是承认 AISC（或在本书刊印出姓名的任何一个人）对这样的事作担保，即：这些资料适用于某些一般的或特殊的方面，它们并不侵犯任何一种专利。任何人使用了这里的资料，他就得承担由此而引起的一切责任。这些资料并不是为进行设计而发表的，它只是一个解说。进行结构设计，那完全是有执照的合格的建筑师、结构工程师，以及为执照所允许的进行特殊结构设计的专家们的事。

前 言

据估计,美国现有公路和铁路钢桥约在五十万座以上。除了一些例外,这些结构在各方面的表现都挺使人满意;而且,在其多数情况,它们所承担的荷载业已超出了设计载重等级。

在过去十年之中,有很大的研究力量集中于研究公路桥和铁路桥所承受的重复荷载的影响。这一研究工作,连同从少数不良事例所汲取的经验教训,使我们对于桥梁的疲劳表现有了更好的了解,并对于桥梁设计规范关于疲劳的条文作出重要修改。

编写本书的目的,一是对桥梁疲劳问题进行一般性解说,一是帮助设计人员进行桥梁细节的选择和设计,使它们具有较好的疲劳强度。这书就是早先由AISC所出版的《关于1974年AASHTO疲劳规范的解说》一书的增订本。

从1974年以来,AREA和AISC业已采用了AASHTO疲劳规范的大部分。现在,在这三本规范之内,细节的分类和它们在同一受力次数之下的容许应力脉动量业已完全相同。因此,按AASHTO疲劳规范为公路桥所作的设计例题,同样地适用于其他结构。当然,因为适用对象不同,其荷载条件 and 设计寿命的规定是不会相同的。

本书叙述了一个为公路桥在按常幅应力疲劳规律选用其疲劳容许值时,所需要的推算其等效设计寿命的方法。这方法可以使我们将随机变化的汽车荷载所引起的疲劳积伤影响在设计时给予考虑。铁路桥所使用的类似方法,可以在AREA规范说明中查到,今将该说明转载于本书附录B。

近年来已经提上日程的疲劳问题之一,是由次要的和由位移引起的应力所导致的开裂。这课题曾在1974年的解说中简单讨论过,在本书第五章则有深入得多的论述。这问题的发生,是由于很多的桥基本上是线性结构,是按主梁和横向杆件的平面受力和变形来设计的。虽然按纵向和横向杆件相互作用而进行的空间结构分析并不能对平面分析的成果给予多大改变而使其在经济上有利,但是,将相互作用所引起的变形加以考虑还是很重要的。一般地说,次要的和由位移引起的应力往往是在次要杆件对主要杆件的连接细节之中被觉察到。其严重程度则是和设计人为各该处所决定的几何形态有关。经详予讨论,并且就如何缓解或防止这种问题提出建议。为使细节获得所需的性能而在设计时所应采取的工作步骤,将在第五章的结尾处给出。

桥梁设计人员一般很重视将疲劳规范直接用于主要承载杆件的设计。因此,满足规范要求的、恰当的细节往往会被提出,而次要杆件和连接细节的设计就不是那样引人注目。但是这些部件,时常由于和主要杆件共同作用,会承受较所设想的为高的应力脉动量,而且受力次数更多得多。本书对这一问题也作了讨论,并对这些部件的处理提出建议。

本书对于公路桥疲劳规范的背景和历史以及对于形成应力脉动量概念并导致现行规范规定的室内疲劳试验研究,作了简要论述。

今将AASHTO规范第1.7.2条(1977年版)、AREA规范第1.3.13条及其说明(1977年版)全文转载于附录B。同AASHTO规范1973年版第1.7.3条和AREA规范1976年版第

1.3.13条相比，它们已有重大的修改。这些修改见附录B的开头一段。

本书对于疲劳问题的原因和不少例证，均详加审议。在全书不断地提出建议，为的是能在今后对于缓解或防止这类问题有所助益。殷切地建议：使用者在对承受周期性荷载的结构进行设计过程中，要随时对本书各节详加审查。

本书是在AISC的桥梁委员会帮助之下，受到AISC资助的。对于桥梁委员会及其咨询者所给予的建议和意见，作者谨表示感谢。本书所列的两个设计例题，也是委员会所提供的。（下略）

John W. 费希尔

1977年5月

内 容 简 介

本书是配合美国铁路桥、公路桥和钢结构设计规范在1977年对于疲劳验算所作的重大修订而编写的。本书有一半篇幅阐述这次重大修订所持的论据和主要试验成果，另一半篇幅阐述实桥的若干构造细节由于以往在设计和施工中未予考虑的因素而出现的疲劳问题。

本书可供钢结构设计制造人员、科研人员及大专院校钢结构专业师生参考。

目 录

第一章 使疲劳强度优化的设计细节	1
第二章 设计举例	9
第三章 设计所用的受力次数	20
第四章 应力脉动量的概念	25
原有缺口	25
疲劳强度	25
残余应力	29
变幅应力	29
当前的研究	31
第五章 连接细节——对于次应力所引起的疲劳的考虑	32
在简支端连接所发生的约束作用	32
简支端连接部件畸变引起的问题	32
约束引起的问题	35
关于承受周期荷载的简支式连接细节的小结和推荐措施	36
纵梁连接处及腹板三角撑处的位移	38
翼缘的扭转及（或）侧移	38
关于减弱纵梁在其连接处出平面位移影响的推荐措施	39
横梁连接板和主梁的竖加劲肋所在处的出平面位移	41
横梁的梁端转动	42
竖加劲肋	43
关于横梁连接板和主梁竖加劲肋的小结和推荐措施	45
关于设计连接细节工作步骤的建议	46
第六章 次要杆件和连接细节	47
在隔板和横联处的位移	47
关于横联和隔板的小结和推荐措施	49
平纵联及其节点板	50
在平纵联节点板处所发生的出平面位移	50
平纵联节点板中的应力	52
平纵联的振动	53
关于平纵联节点板的推荐细节	53
第七章 关于疲劳的杂项考虑	56
在其他结构中因位移而引起的次应力	56
横梁悬伸臂鱼形板的出平面弯曲	56
对于伸臂所用鱼形板的推荐细节	57
桁架节点的次应力	58
斜交桥	58
正交异性钢桥面板	60

对焊缝的要求及一些特殊考虑	62
对缝焊拼接	62
过渡半径	62
附录A 参考文献	64
附录B AASHTO和AREA疲劳规范	67
AASHTO规范第1.7.2条	
AREA规范第1.3.13和2.3.1条及说明第9.1.3.13和9.2.3.1条	

第一章 使疲劳强度优化的设计细节

影响疲劳强度的主要因素是：作用应力的脉动量、受力次数和细节式样。由于其所引起的应力集中程度不同，结构细节的表现很不一样，而焊缝金属所固有的内部“缺口”，也是一主要因素。

所有的焊接方法都会在焊缝内部或其近处产生小的缺口。尽管良好的焊接工艺可以使缺口数目减少、尺寸变小，但缺口不会完全被消除。疲劳设计所使用的规则，是从包括正常缺口的试件的试验数据推得的。对贴角焊和纵向对缝焊进行肉眼检查，对受拉翼缘的横向对缝焊进行无损探伤，就已经可以将那些已被疲劳设计规则所适当考虑的缺口探查出来。事实表明：要将在制造时所出现的、属于ASTM和AWS所容许的缺口进行消除，其大多数尝试都是以得到较原情况更坏的结果而告终。

在设计中，有两条途径供选择：（1）挑选细节（借以控制应力集中的严重程度），（2）将应力脉动量限制到可以接受的程度。

在焊缝的趾部和终端，应力集中程度高，时常出现疲劳裂纹，凡具有这样的细节的连接，其容许应力脉动量就最低。对于贴角焊和对缝焊，情况都是这样。细节之既能满足设计意图、又提供高疲劳强度者，应该给予考虑。

一般讲来，由于内部缺口（诸如，气泡、夹碴、折叠和其他相类情况）而开裂的细节，其容许应力脉动量每较高。其主要原因就是它们在所说的内部缺口之外，没有其他几何缺陷引来更大的应力集中。

AASHTO规范的表1.7.2A2、AREA规范的表1.3.13C，开列了各种细节的说明和它们的疲劳强度级别。本书在附录B给予转载。在文献1（文献目录列在附录A）内，对于焊接桥典型细节在疲劳荷载下的表现，有较详细的数据。

在进行疲劳设计时所取的受力次数，应按运量和结构杆件类型来决定，AASHTO规范的表1.7.2B和AREA规范的表1.3.13A分别给出所需数据。和受力次数相应的容许应力脉动量，AASHTO的表1.7.2A1和AREA的表1.3.13B也分别给出。如若对运量有比较确切的估算，那就应该自行制订受力次数（而不是查表1.7.2B或表1.3.13A），决定相应的容许应力脉动量；使用等效寿命（受力次数）进行这一计算的方法，见第三章。

这样，设计人员就能在相当大的程度内控制所选的细节式样，并使其位置和应力相配合。E级细节就应该尽可能放在应力低处，俾使杆件截面尺寸不需加大。例如，对于有盖板的梁，其盖板就能延伸到应力低处，加以截断。

有好多种使用贴角焊和对缝焊的细节[1]*列为E级。但是，也可采用能提供更高容许应力脉动量的其他细节。

例如，看图1和2，在平纵联节点板和主梁相连的情况，在焊缝端头，都使翼缘出现E级细节。如果该处的应力较高，就应考虑使用图3和图4所示的细节，俾能提供较高的容许

*用方括号表示参考文献，括号内数字表示文献编号（见附录A）。以下同此。

脉动值，而在图 5 内，将这种细节移置到应力低处，那也是一种可用的方案。

在不少结构内，将高应力区域的平纵联省去，是可能的。按照 AASHTO 和 AREA 规范，公路桥跨度若不到 125 ft.，铁路上承桥跨度若不到 50 ft.，都不需要平纵联。在跨度更长时，也可以不在其跨度全长内都设置平纵联。

关于平纵联连接细节更完备的讨论，见第六章。

若所说的连接是如图 3 所示的栓接，则翼缘应力脉动量可以提高到 B 级；当栓接是承压式时，翼缘应力按净截面计算；而当栓接是摩擦式时，翼缘应力可按毛截面计算。这样，容许应力脉动量就比图 1 和 2 所示式样为高。即使是按净截面进行折算的那一情况，其提供的疲劳强度也是可以较高一些的。

另一种提高容许应力脉动量的方法，就是采用图 4 所示“圆弧”过渡的连接。为了实现这一提高，圆弧过渡的焊缝端头必须磨成圆顺。显然，这类细节用于机械加工及打磨的费用可能会比其他一些也符合疲劳规定的方法为昂贵。AASHTO、AREA 和 AISC，在它们最新出版的规范中，均有圆弧过渡的规定。

如果有横向力（出平面的力）要抵抗，例如在弯道桥情况，位于横联处的横向加劲肋可将其上下两端焊于翼缘，使有助于抵抗这些力，如图 5 所示。由此所得的细节属于 C 级；视设计所取寿命不同，它使翼缘上表面的应力脉动量较图 1 和 2 所示翼缘连接（E 级）者高出 52% 到 100%。

认识这一经验是重要的，即：任何细节都能采用，只要在设计中给予正确处理。若从设计、制造和经济的观点看，凡能满足应力要求而又最为简单的细节，一般最受欢迎。

当竖向和纵向加劲肋同时使用时，它们每一道肋在每一端都有一个焊缝端头，如图 6 所示。由于纵肋附连长度大，其端头将形成 E 级细节；而在端头之外的沿肋各处，则属于 B 级。竖肋附连则由于在顺力方向的长度很小，那就没有这样严重。如若在应力反复区需要同时使用这两类加劲肋，其最受欢迎的情况将是：如图 7 所示，将纵肋置于腹板一侧，竖肋置于另侧，使纵肋焊缝能够保持连续，其端头则可以或是设在低应力（或压应力）区，或是用圆弧过渡来结束。

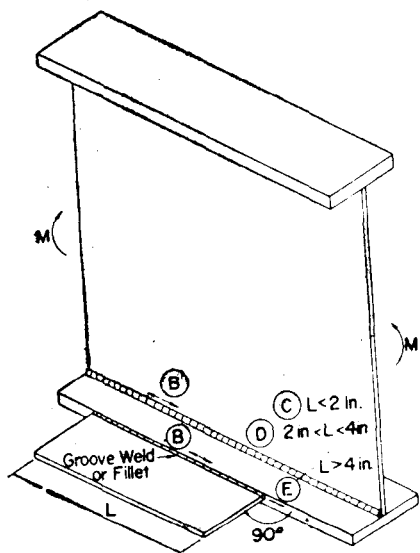


图 1 小节点板用纵向贴角焊或对缝焊附连于翼缘
Groove Weld or Fillet——对缝焊或贴角焊。

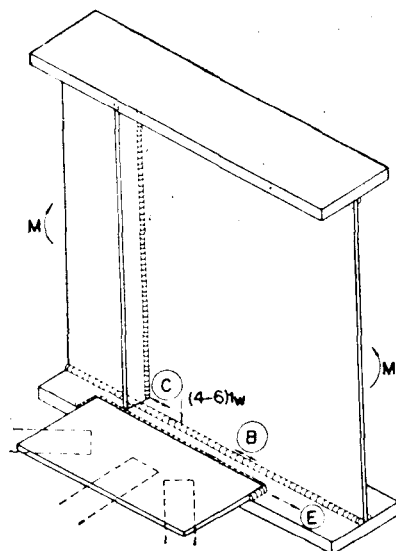


图 2 小节点板用贴角焊附连于翼缘

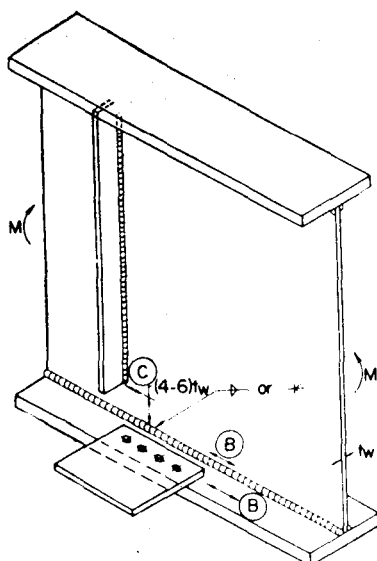
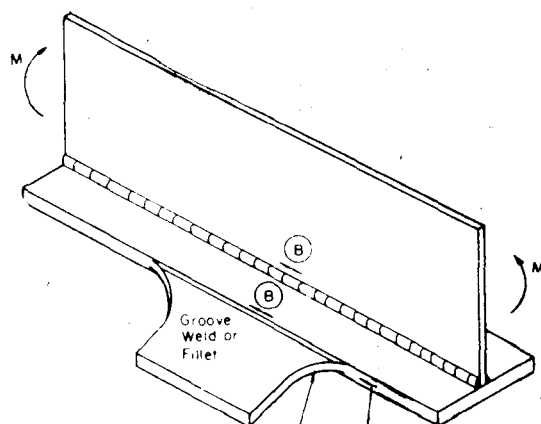


图3 栓连于翼缘



注：焊缝端头必须
按过渡半径磨
成圆顺

R	Category
$R > 24 \text{ in}$	B
$24 > R \geq 6 \text{ in}$	C
$6 > R \geq 2 \text{ in}$	D
$2 > R$	E

图4 焊连于翼缘的圆弧过渡
Groove Weld or Fillet——对缝焊或贴角焊，
R——表示半径，Category——级别。

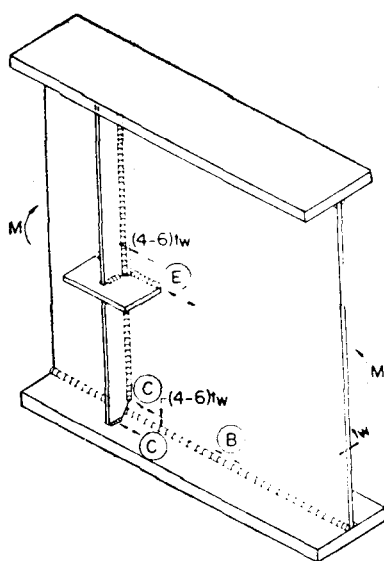


图5 小节点板连于腹板低应力区

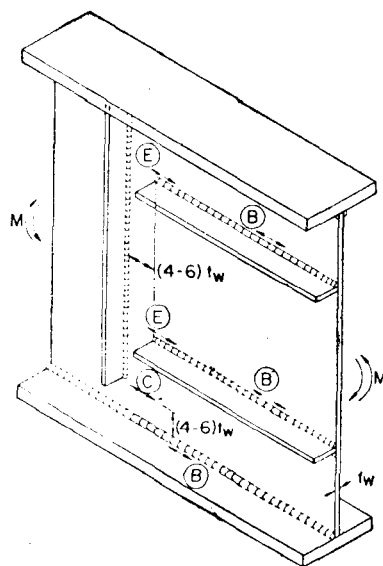


图6 竖向和纵向加劲肋

竖肋贴角焊缝的端头，其离翼缘焊缝（腹板和翼缘间的焊缝）的距离，应该是四至六倍腹板厚度，如图2、3、5、6、7所示（图中用 t_w 表示腹板厚度）；而且，在肋的端头不应该绕焊。如果不让肋端焊缝对翼缘焊缝离开适当的距离，由于焊缝区冷缩受阻碍而引起的约束应力，还有在运送和装卸时由于翼缘横向摆动而引起的周期性应力，能使腹板出现不良现象。在讨论次应力的一节里（第五章），将作较详细的论述。

位于应力是周期性受拉或反复区的横向对缝焊，为保证其没有过大的内部缺口，如设计图和规范有要求应对它们进行无损探伤。为了改善其疲劳强度，可将焊缝隆高除去，当板件

厚度或宽度不相等时并应给予适当的过渡,如图8和9所示。在这两图业已表明:将隆高除去,可使疲劳强度等级从C级升到B级[15, 16]。

不因内部缺口尺寸大小而调整疲劳强度,这是美国的实践。英国 Harrison 等的研究则表明:为反映较大的内部缺口,疲劳强度是能够调整的[16, 18]。但是,若按 AWS 和 AASHTO 关于质量控制的规定进行制造,使横向对缝焊达到C和B级的强度,那还是有保证的;即:当隆高除去时,能达B级;而在焊接隆高留着不动时,那还用C级。

和应力平行的纵向焊缝,例如从图1到7所示的翼缘焊缝那样,具有较高的疲劳强度。这样的贴角焊和对缝焊,都属于B级。对于这两种情况,疲劳强度都是由预期的在翼缘焊缝内的和应力方向垂直的缺口决定的。这类缺口的例子是气泡、折叠、夹渣等。在这样的连接,和应力平行的缺口对于杆件的工作表现就没有影响。这包括:在贴角焊和不透对缝焊两者之中因不熔透而形成的缺口,夹渣及其他类似缺陷。疲劳强度只是受垂直于应力的缺口控制,并不受平行于应力者的影响。所以,对贴角焊的检查规定同样地适用于这一种对缝焊。一般地说,这包括肉眼检查和磁铁粉探伤,借以决定焊缝是否有裂纹。对纵向焊缝讲,超声波和放射探伤并不需要。象在横向对缝焊内可能出现的垂直于应力的的大尺寸内部缺口,在纵向焊缝内不会发生。比如说,在纵向焊缝内,垂直应力的的大尺寸缺口总不可能超过焊缝截面尺寸。但在横向焊缝内,由不熔透、夹渣、以及类似缺陷所造成的缺口却有可能超过焊缝截面积达好几倍。这便是它们需要进行无损探伤的原因。

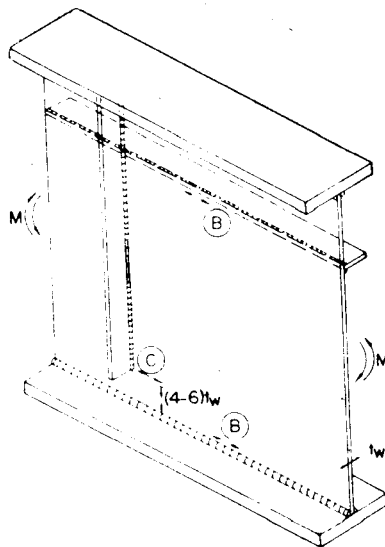
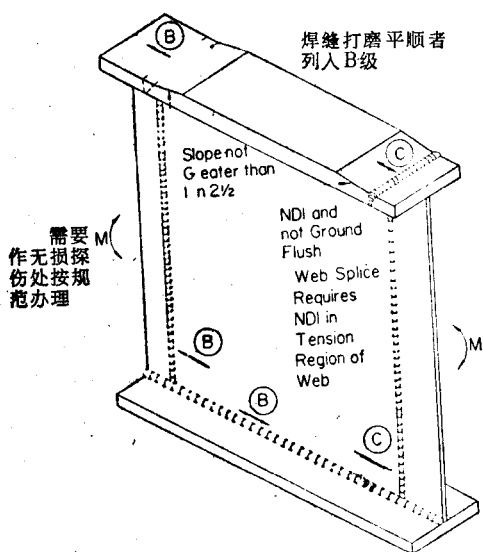


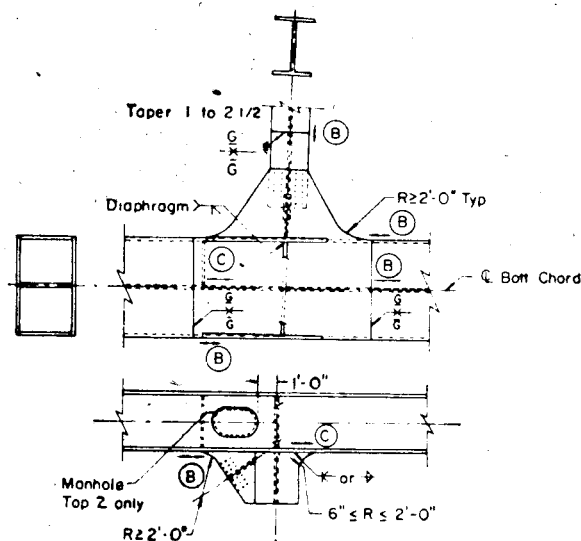
图7 竖向和纵向加劲肋分别设在腹板两侧



图中:

- ① Slope not greater than 1 in 2 1/2
斜率不陡于1:2.5。
- ② NDI and not Ground Flush
进行无损探伤,但焊接没有打磨平顺的情况。
- ③ Web Splice Requires NDI in Tension Region of Web
腹板拼接, 位于腹板拉应力区需进行无损探伤。

图8 腹板和翼缘所用的横向对缝焊



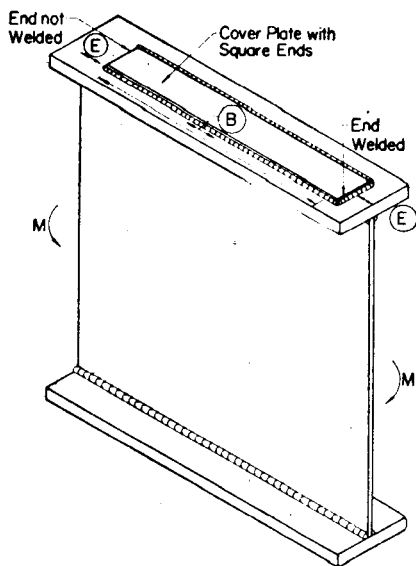
图中,

- ① Taper 1 to 2 $\frac{1}{2}$
斜率1:2.5
- ② Diaphragm
隔板
- ③ Manhole Top PL only
仅顶板有进入孔
- ④ CL Bott Chord
下弦杆中心线
当对缝焊和应力垂直时进行无损探伤

图9 因细节而使疲劳强度变动的节点连接

有盖板的梁,如图10所示者,在盖板截断处,主梁容许应力脉动量将降到E级。但在截断端之外,当盖板和梁的焊缝连续时,那就都属于B级。至于在盖板截断处是否布置横向端焊缝,那对主梁疲劳表现却大致相同[2]。可以认为:在盖板纵向连续焊缝端头,以及在横向焊缝趾部,其应力集中程度没多大差别。试验还表明:改变盖板端部几何形状,对疲劳强度也没有什么影响。在图11内,盖板或切尖角,或有圆弧,或给予其他形状,但试验证明它们都还是属于E级[3, 4]。对于焊件之垂直于应力方向的端头讲,这些几何形状的改变并不能使该处的应力集中有多大变化。所以,仅靠改变盖板端部形状,并不解决问题。

箱形板梁当其翼缘焊缝采用单斜状坡口并要求熔透时,时常会使用堵漏条。对于这种堵漏条的使用应该细心。如果采用断续式贴角焊将这堵漏条连到箱梁的腹板和翼缘,那就会使受拉翼缘板进入E级(看图12a)。对于断续式定位焊采用这样保守的验算方法,是由于这类连接的试验数据不足。对于这类细节进行进一步研究的计划,现正在安排之中。



图中,

- ① End not Welded
端头不焊情况
- ② Cover Plate with Square Ends
具有方角端头的盖板
- ③ End Welded
端头焊情况

图10 标出疲劳控制点的有盖板的梁