
予应力混凝土

在西德的发展

P. W. 阿別列斯 著

建築工程出版社

予应力混凝土在西德的發展

葛守善 譯

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內 容 提 要

本書除介紹予應力混凝土結構物在西德近年來的發展情況外，還比較詳細地敘述了各種予應力混凝土的新型構造和施工方法，介紹了高標號混凝土和高強度鋼絲的標準以及西德現行的規範。本書內容扼要新穎，可供設計施工人員、科學研究工作以及大專學校教師和學生參考。

(本書系根據倫敦“Lomax, Epskine Publications”出版的“Civil Engineering and Public Works Review”雜誌1954年9、10、11、12月份和1955年1、3、4、5、6月份各期連載的科學博士F. W. Ables寫的“The Development of Prestressed Concrete in Germany”一文譯出的)。

予應力混凝土在西德的發展

葛 守 善 譯

*

建築工程出版社出版 (北京市阜成門外南禮士路)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第002號)

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行

書號 548 43千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 $2\frac{1}{16}$ 插頁14

1957年9月第1版 1957年9月第1次印刷

印數: 1—1,750冊 定價 (11) 0.70 元

目 录

序 言.....	4
一、西德采用的予应力鋼筋.....	7
二、西德1953年10月頒布的予应力混凝土标准规范 (DIN字4227号).....	12
三、Wayss-Freytag 公司用的Freyssinet 予加应力法.....	22
四、Dywidag予加应力法.....	26
五、Baur-Leohardt 予加应力法.....	30
六、Magnet-Bauwens 予加应力法.....	37
七、Monierbau 予加应力法.....	39
八、Holzmann 予加应力法.....	42
九、Kühler予加应力法.....	45
十、Grün-Bilfinger予加应力法.....	46
十一、Heilitbau 予加应力法.....	47
十二、Rheinhausen 予加应力法.....	48
十三、Hochtiefbau 予加应力法.....	49
十四、PZ予加应力法.....	49
十五、Held-Franke 予加应力法.....	50
十六、Sager-Woerner 予加应力法.....	51
十七、Karni-Baressel 予加应力法.....	52
十八、先張法.....	52
十九、特种結構物.....	54
二十、关于予应力混凝土方面主要問題的討論.....	55
結束語.....	57
参考文献.....	68

序 言

在第二次世界大战以前，德国采用过下列三种予应力結構物：1) 参加“Dywidag”建筑公司工作的Dischinger教授(已故)(1934)和 Finsterwalder 博士(1936)所建議的用外露受拉鋼条的予应力桁架和予应力梁，兩人均以对薄殼建筑的重要理論研究負有盛名；2) 根据 Freyssinet 氏1928年的建議制造的予应力梁，并經 Wayss & Freytag 建筑公司予以发展，該公司于 1935—1939 年間做了最初几根梁的試驗，并且以它們作为將予应力混凝土实际应用到桥梁建筑上去的根据，那时用来保持張力的是特种“受力的”鋼梁；以及3) E. Hoyer 氏于1938年用先張鋼琴弦法在長綫床上制造的予应力小梁。这种制造方法一般称为“Hoyer”法，虽然混凝土制造商 K. Wettstein 声明早在 1919 年已用过予張鋼琴弦，Freyssinet 氏亦已于1928年在其主要專利申請書中建議过長綫先張法。Hoyer 認為由于直徑大的粗鋼絲的握裹强度有限，因此只有很細的鋼絲才适用于先張法，于是他就限于用2公厘以下的鋼琴弦。作者在1948年的本杂志中曾陸續发表过几篇文章，叙述了战前的发展情况(1)，并在其著作的第一冊內提及(2)。

德国在 1939—1940 年間建造了許多桥梁，而在战争期間与战后初年則相形之下进步頗少。但是随着西德重新建設的活动的展开，1948—1949 年間予应力方面又开始有相当

注：括號中的數字系指參考文獻的號碼；下同。

的發展，從那時起各種新穎的方法與體系都發達起來。由於發現先張鋼筋有若干的困難，所以主要的发展是后張法。在西德大多數的建築公司也都做工程顧問的業務，於是，每一個公司都想有它專有的預加應力方法，借以不受競爭者的影響。我們將看到其中若干種方法之間的區別甚微，但是有些方法却顯著地表示新穎的思想，並顯出重要的進步。

預應力混凝土的發展大大受到預應力鋼筋方面的考慮的影響。在第二次世界大戰以前用的是熱軋鋼和冷拔的鋼琴弦(1,2)，其中熱軋鋼的拉應力不高；而鋼琴弦的表面光滑，其引伸度較小，與彈簧鋼絲相似(約為1.5%)。由於上述鋼絲有種種缺點，於是就從事發展新型的預應力鋼絲，現在德國通用的有下列四種不同的預應力鋼筋：1)熱軋合金鋼筋；2)改變應力加工過的冷拔鋼絲；3)加熱處理過的熱軋鋼絲；4)用冷拔鋼絲絞成的鋼纜和鋼繩。過去許多專家在技術刊物上對下列各點發表了不一致的意見：1)極限強度有限的热軋鋼筋和高強度鋼絲比較起來究竟何種適用；2)應當把預應力鋼絲均勻分布在整個受拉區域內，還是應當使承受很大力的鋼索或集中的鋼絲束相互遠離地分布着；3)應選擇何種方法來把預應力混凝土杆件中由於鋼筋彎起處的摩阻力所產生的應力損失盡量減至最小。

根據第二次世界大戰以前在預應力混凝土方面早年的經驗，十年之前已有過對於預應力混凝土設計的建議，1950年西德又頒布了標準規範的第七次起草的建議。該草案1949年在英國已頒布過，而沒有說明這是一個譯成英文的西德草案。上面所述專家們在某幾點上的不同意見是在西德頒布草案後才發生的，於是在1953年10月將草案作為標準規範(3)頒布以前，就有了些更改，並由 Rüsch 教授予以解釋(4)。

作者在1951——1953年間先后去西德參觀过不少新型建築物，并曾与西德予应力混凝土方面的領導專家們接触过，从他們那里又得悉最近发展中的特点。本文在叙述各种予应力的方法和建築物以前，首先介紹西德現用的几种不同的予应力鋼筋。由于西德予应力混凝土規範草案及其最后定稿(3)都对于了解西德予应力混凝土的发展有很大的重要性，所以本文中也把这一点，連同 Rüsch 教授的解釋(4)一并予以簡單討論。然后再分別叙述各种予应力的方法及其应用实例。最后还討論几种特殊的应用，例如軌枕、路面等等。

一、西德采用的予应力鋼筋

Hoyer 氏所用鋼琴弦的強度很高，達280至300公斤/平方公厘，而其最大引伸度上面已說過是很小的（約為1½%）。西德在戰後應用直徑較大、強度較低、極限引伸度較大的冷拔鋼絲作為先張鋼筋時，發現握裹力不夠。正如 Dischinger 教授所述不是在予应力傳遞到混凝土上去的時候發生滑動，便是在疲勞負荷中握裹力降低（5）。顯然上述鋼絲的表面情況不能與英國用的比較，英國用的5公厘直徑的予張和不予張鋼筋在疲勞試驗中均証實有足夠的握裹力，試驗時曾反復加荷300萬次，裂縫均開而復合（6）。

以往西德並不像現在那樣和英國一樣地設法改良冷拔鋼絲的表面狀況與时效熱處理，他們採用了熱軋予应力鋼筋並加以熱處理。在這樣的情況中，靠熱處理和油淬火把熱軋鋼有限的強度提高，如此鋼筋的性質就起了很大的變化。普通的热軋合金鋼與屈伏點不明確的冷拔鋼絲不同，它有明確的屈伏點，而經過熱處理的热軋鋼筋的彈性幅度提升到極限強度的大部分，隨後相應於屈伏現象的大永久變形即突然出現。西德在予应力鋼筋的整個發展過程中都是假定以鋼有明確屈伏點為根據。不過近年來也發展了改變应力加工過的冷拔鋼絲，並已在使用中。不過遇到需要很好的握裹時，則仍放棄冷拔鋼絲不用而用熱軋鋼筋，因為用熱軋法可以製造出保証有很滿意的機械性的表面握裹力的壓紋鋼筋。其實從另一方面來看，雖然冷拔鋼絲的表面可能光滑些，但是它比較堅強，

不像热軋鋼筋那样容易损坏。

西德予应力鋼筋的发展受到标准规范草案的特殊要求的影响。规范中规定拉应力不得超过极限抗拉应力的55%或其屈服点的75%（相应于屈服点的应力就是产生千分之二〔0.2%〕永久引伸的应力）。对于予应力傳遞到混凝土上以前的予加应力，上述数值可以分别增加到60%及80%，可是在最近出版的指示中，可以增加到极限应力的60%一項未見列出(3)。根据定义，产生万分之一（0.01%）永久变形的应力为資用彈性的应力。此外，并規定某些蠕变限值为相应于持久負荷从一小时后开始到一百小时止之時間內产生0.008%引伸度的应力，首先要假定持久負荷六分鐘至六十分鐘时所产生引伸率不超过0.016%。

根据 Schwiier 博士的研究分別叙述四种予应力鋼筋(7)。有的专家認為第一种予应力鋼筋，即热軋鋼筋，虽然其强度性能不高，仍为最宜用于予应力的鋼筋。这是一种相当于含有一小部分碳、矽和錳的合金鋼。图1中的a与b表示Rheinhausen鋼鉄工廠出产的、Dywidag予加应力法中所用的“sigma”鋼筋的应力应变图。图中数字是从比較試驗中得来的(8)。Dywidag予加应力法作者已在1952年本杂志內介紹过(9)。图1a为应力——应变全图；图1b則表示直到屈服点为止的总的永久引伸度。除了这种称为“Sigma60/90”的鋼筋之外，还有直徑大至32公厘的“Sigma55/85”与“Sigma70/105”兩種鋼筋；上述鋼筋中第一个数字表示保証的最低屈服点的数值，第二个数字則表示保証的最小极限强度，兩者均以公斤/平方公厘計。

第二种——冷拔鋼絲——是有高得多的强度性能的予应力鋼，这种鋼絲可以再分成下列三类：1)直徑为1½至2½公

厘、极限强度为200至250公斤/平方公厘的为先張法用的冷拔細鋼絲；2)直徑为5至8公厘、极限强度为170—200公斤/平方公厘的为后張法用的冷拔鋼絲；以及3)直徑为4.1公厘、极限强度为176公斤/平方公厘的为先張法用的压紋冷拔鋼絲。这些鋼絲繞成1.2至2.5公尺直徑的盤圈。图2表示1)种鋼絲的应力应变图。現在多数的冷拔鋼絲都靠一种人为的有时效的加工方法把屈伏点和彈限提高。上述改变应力的加工方法，許多國家都已采用，就是把經過热处理后的鋼絲再予以鉛浴淬火，不过須注意有几种油浴淬火并不适用的。图3表示参考文献(7)中所述冷拔鋼絲的品質如何經過上述改变应力的加工而得改进，例如：极限强度增加6%左右，屈伏点約提高30%，而彈限則可增加到150%之多。从图3中还可以見到彈性模数也提高了6%。此外，蠕变也减小不少，例如，就图3中的材料而言，在极限强度85%的拉应力下历100小时之久，其蠕变数值仅为未經改变应力加工的鋼絲的四分之一。

第三种予应力鋼絲是經過在西德称为“Schlussvergütung”的热处理的热軋鋼絲。这种鋼絲又再分下列三种：1)直徑为5公厘、极限强度为160公斤/平方公厘的圓鋼絲；2)相当于5公厘圓鋼絲的 8×2.8 公厘加鑄凸起螺紋(见图6)橢圓形截面鋼絲；以及3)經過軋成和热处理后予以扭轉的矩形截面鋼絲。最后一种称为“海王”鋼筋，有不同尺寸的截面，其极限强度約为160公斤/平方公厘，其屈伏点高过极限强度的90%(截面小的“海王”鋼筋是經過冷軋处理的)。

上述2)与3)两种鋼絲能保証有很好的握裹力，因此特别适用于先張法，橢圓形的2)种鋼絲也是Rheinhausen鋼鉄廠出品“Sigma”鋼絲的一种，图4中繪出其应力应变曲綫。此外，尚有其他各种断面的鋼絲，其面积較大而强度略低。值得注

意的是另一种荷蘭已用的有压紋与无压紋的冷軋高强度鋼絲束,西德却尚未予以发展。

第四种是用鋼絲絞成的鋼纜和鋼索,其截面面积較大,是由許多細的冷拔鋼絲組成的。西德采用的予应力鋼纜索和美國的一樣,一般都用七股鋼絲單絞組合,或者用許多細鋼絲絞成鋼索。在此,必須考虑到拉伸旋絞鋼纜和鋼索时的永久变形。图5表示用七股3公厘直徑的鋼絲旋絞的鋼索的应力应变图,其极限强度为180公斤/平方公厘。

除了上述握裹力很好的旋絞鋼纜以外,后張法中还采用細鋼絲复絞鋼索和編成網格的鋼繩;尚有一种由Z字形截面鋼絲組成的表面平滑的鎖住的鋼纜亦予采用。

前面已經提到过起初在德国認為冷拔鋼絲是不适用的,尤其对于先張法更不相宜,因为冷拔过程中鋼絲面上沾到的油脂会妨碍与混凝土的粘結。因此德国以往多注意了热軋和热处理。如將上述各种鋼筋的应力应变图予以比較,可以見到图4中的热軋鋼絲和图2中的冷拔鋼絲是不相同的:热軋鋼絲的屈伏点很高,在此点以前的应力应变几乎以直綫上升,达到此点以后应变就突然激增。某些專家仍贊成用这种鋼筋,他們認為主要的是要有一个很大的极限引伸度和一个很大的彈性幅度。不过究竟这是否有益还是一个疑問,作者認為引伸度逐漸增加的冷拔鋼絲只有比应变突然增大的热軋鋼絲来得更好。可是变形截面的热軋橢圓形“Sigma”鋼絲(图6)和扭絞的“海王”鋼絲(图7)看来对于得到高的粘結力是很有利的。

冷拔鋼絲改变应力的程度及热軋鋼絲热处理的程度,均已調整到能做到标准规范草案所提出的最低要求。从前为了符合规范草案的要求,曾認為保証低的蠕变限度是重要的。可

是在最近的标准规范中蠕变限度的定义并未提及。Rüsch教授解释规范时(7)是这样说的:蠕变限度可以认为就是在这样应力下将产生3%的徐舒应力损失。这是一个很聪明的改进,因为当初的蠕变限度只不过限于100小时的试验。其实几年以后仍可能发生徐舒,因此一种局限于100小时的试验是没有重要性的。此外,可以见到蠕变现象(作用力不变而引伸长度加大)与徐舒状态(长度不变而应力降低)并不完全相同,所以不宜像规范草案中那样定出一定的蠕变限度。

Rüsch 教授(4)提到这点,就是当他把蠕变限度定为使应力减小3%的应力损失时,以往所定的蠕变限度的重要性可能是被高估了,因此,曾将某几种钢的蠕变限度提得过高。可是这一点只是在不考虑钢的其他特性时得到的。值得注意的是原来规范草案报告中关于蠕变限度的详细叙述仍旧包括在验收予应力钢筋的特别条件内(10)。

虽然容许拉应力的问题是属于下面规范一节以内的,可是也改在这里讨论。容许拉应力以屈伏点的75%,或者以极限强度的55%为限。这个比数似乎对于第一种钢筋的性能特别符合。这种钢的屈伏点大约为极限强度的65%,所以屈伏点的75%大致就是极限强度的50%。至于经过热处理的第三种热卷钢丝,则其屈伏点约为极限强度的90%,因此根据屈伏点计算出来的容许拉应力即为极限强度的67%左右;可是规范中依然规定不得超过55%。冷拔钢丝也有同样的情形,实际上它根本就没有明确的屈伏点,所谓的屈伏点是相应于产生0.2%的永久应变的一种标准应力。由此可见:如根据西德把初始予应力限制在极限强度55%的规范,则高强度钢丝的优点就不能发挥出来(和英国一般所用的比较起来,这个限度是定得苛的)。从另一方面来说,考虑到钢的徐舒可能造成的

应力损失,如此谨慎的限制也有它的理由。不过,如果能把这些损失适当地计算在内,就不必要再反对把予加应力时的鋼絲容許拉应力予以提高(在英国通常用到极限强度67%的予拉应力条件下,即使徐舒所造成的损失可以高达10%尚比西德以3%徐舒为依据而用极限强度55%为予拉应力的标准較高而又有效)。

二、西德1953年10月頒布的予应力 混凝土标准规范(DIN 字4227号)

通用的混凝土有下列三种,其强度分别为300、450及600公斤/平方公分,受予应力时必须达到28天龄期强度的80%。对于这三級混凝土可以分別用下面三种彈性模数: $E_c = 300,000, 350,000$ 及 $400,000$ 公斤/平方公分。予应力鋼筋的彈性模数 E_s 則:对热軋、热处理或“改变应力”加工过的圓鋼筋或特种截面鋼筋为 $2,100,000$ 公斤/平方公分;冷拔而未經“改变应力”加工过的圓鋼筋或特种截面鋼筋为 $2,000,000$ 公斤/平方公分、以及絞成鋼索为 $1,860,000$ 公斤/平方公分。从这些数字中可以得出彈性模数比 $m = E_s/E_c$ 自4.5至7之間不等。从試驗中得来的特种彈性模数数值亦准予应用。

关于混凝土的收縮和徐变的数据也值得注意。从表1可以看到收縮数值是从0至0.03%不等,而英国在第一次予应力混凝土公报(11)中仅采用0.03%。在西德标准规范中,只有在干燥的房間里才需用这个数值。表1中的数值是对用先張法而言的。如果待混凝土硬固后再予加应力(即后張法),就将这些基本数值乘以0.6^k。图8給出隨 $\frac{C_{up}}{C_{\infty}}$ 比数变化的 k

值, 其中 C_{ap} 为予加应力时的混凝土立方体强度, $C_{ap\infty}$ 可以假定比28天龄期的强度高出 15—30%, 视所采用的水泥的品质而定。后张法中的折减系数 $0.6k$ 是根据部分收缩已经完成的假定而采用的, 如果予加应力以前混凝土保育得非常好, 那么情况就不同了。作者认为在予加应力以前避免混凝土任何裂缝的出现是很重要的。如能细心保育, 就可做到这点(1952—1953年间英国东部铁路公司建造的跨度在31.3公尺以下的预制装配的及就地浇筑的屋顶时, 已予以证实)。如果靠保育而避免了予加应力以前的凝缩, 则由凝缩造成的日后的总收缩仍应当列入予加应力之后的计算中, 因为试验与实际经验均已证明保育只不过延迟了凝缩而不能减小凝缩(12)。

混凝土的最终收缩与最终徐变

表 1

保 育 方 法	最 终 收 缩 (以%计)	最 终 深 度 ϕ_{∞}
浸没水中	0	0.5k至1.0k
在很潮湿的空气中(很接近水面)	0.01	1.5k至2.0k
通常在空气中	0.02	2.0k至3.0k
在干燥空气中, 例如在干燥的房间里	0.03	2.5k至4.0k

关于混凝土徐变, 图 8、图 9 及表 1 均予以说明。从图 9 中见到徐变就是 ϕ 倍弹性收缩, 并且必须考虑到 ϕ_{∞} 的最后数值。表 1 所示是 4 岁龄期混凝土各个徐变的最后数值。这些数值随图 8 中 k 值的大小而变化。例如当结构物的最小厚度为 0.75 公尺和 1.50 公尺时, k 值可以分别减小 10% 或 20%。假定无限老的强度超出 28 天龄强度的 30%, 则予加应力时要求的最低强度即为 $C_{ap\infty}$ 的 0.62。在上述情况下, k 值应当以 1.5 计。 $k = 1.5$ 时的徐变数值可以高达 3.75 至 6 (译者

注:指在干燥的室内而言)。如果結構物在水下的話,徐变数值可低到0.8至1.5。根据英国予应力混凝土的第一次公报,受了1磅/平方英吋(即0.07公斤/平方公分)予应力的混凝土的最大徐变为 0.4×10^{-6} ,其最后徐变值 ϕ_{∞} 当 $E_s = 2.1 \times 10^6$ 公斤/平方公分时为彈性收縮的12/ m 倍,因此当 m 在7与4之間变化时,則可得到 $\phi_{\infty} = 1.7$ 至3.45,而在西德标准规范中其相应数值則为0.8至6。如果一部分的負荷在后一个阶段再加,則可配合加荷的日期將 k 值予以調整,即三个月时 $k = 0.75$,六个月时 $k = 0.65$ 。

关于在正常情况中(温度在 18°C 左右,經過七天的湿治,以后就放在空气中)用早强水泥做成的混凝土,Rüsch教授对于 k 值还給出下述的报导(4)。根据該曲綫, k 值用以下各数值:一天齡的用2、三天齡的用1.65、七天齡的用1.4、十四天齡的用1.25、廿八天齡的用1。可是以上数值未能完全符合图8中的数值。

规范中对于全予加应力与半予加应力予以区别,半予加应力指Partial prestress而言时的容許拉应力以破損模量为限,因为在使用負荷下髮縫不致扩展。

Rüsch教授又提到人們当初对用半予加应力的异議,及近年来取得之良好經驗(4)。他認為一方面只容許用較貴的全予加应力,另一方面仍沿用有裂縫的普通鋼筋混凝土,而不准用兩者之間的折中办法,是不合邏輯的。他指出凡是根据很粗糙的假定所做的精确数学計算并不一定能够得到准确的結果;因此,一个不計算拉应力的全予加应力設計未必一定能使結構物沒有裂縫。不过髮縫并不一定使建筑物发生危險。在沿用的普通鋼筋混凝土中,为了减小裂縫的寬度起見,对鋼的容許应力便予以限制。可是只有采用握裹力較低

的鋼筋和鋼筋的分布不良時才會發生危險的裂縫。因此，Ritch 教授說受拉區域中的鋼筋布置是很重要的。在半予加應力的情況中，這點尤其重要，並且必須設有不受予拉力的鋼筋，以便遇有裂縫時能承受拉力。他又說：當半予加應力結構物僅在稀有或不大可能有的最大負荷下方發生細微的髮縫，而在普通負荷下壓力是可靠的，當然任何裂縫都會合攏，則上述混凝土中拉應力的重要性就不大了。

根據西德的标准規範，必須考慮到許多的負荷可能性，並計算其相應的應力。表 2 列出混凝土的容許壓應力。受壓區域和只有在予加應力時才受高度壓應力的受拉區域之間有顯著

混凝土的容許壓應力†

表 2

應力種類	應力發生處	斷面形狀	混凝土強度+	
			公斤/平方公分	公斤/平方公分
			300	600
受 彎	在使用負荷下的受壓區域*	矩形 (a)	110	160
		矩形 (b)	120	170
		T 形或箱形	100	150
	予加應力時 (傳力到混凝土上時) 的受拉區域	矩形 (a)	140	210
		矩形 (b)	150	220
		T 形或箱形	130	200
直接壓力	在使用負荷下	任何過大截面 (柱體和受壓杆件)	80	130
	予加應力時 (傳力到混凝土上時)		110	170

(a) 指單向受彎；(b) 指双向受彎 (角應力)

* 如果受壓區域已受過予壓，只需計算相應應力的 75%，因為對於應力比對外加使用負荷要求的安全因數較低。

+ 強度數值代表 28 天齡的立方體強度，予加應力時 (傳力到混凝土上時) 要求的最低強度為 28 天齡強度的 80%。

† 這些應力數值也可以應用在橋梁上。

的區別。予應力傳遞到混凝土上時的容許壓應力高達該階段最小強度的42%(即為28天齡強度的80%);這與英國第一次公報中所規定的40%相符。在另一方面,使用負荷下的容許應力則較低,僅為28天齡強度的25%,而英國第一次公報中所規定的是33%。

表3列出全予加應力的普通結構物和橋梁的混凝土容許拉應力。從表中見到靜荷重全部加上以前,受壓區域中容許有較高的臨時拉應力,待全部靜荷重加足后,不論受拉或受壓區域中均不得有拉應力發生。只有對於非常特殊的情況,才容許有一定的直接拉應力和受彎拉應力。所謂特殊情況系指意外的同時遭受累加的負荷而言,例如:几輛起重機負荷在最不利的位置上,或者最大風負荷與位置最不利的起重機負荷的組合,或者在橋梁上計算作用在几个被相反符號的影響面間隔開的同樣符號影響面上的負荷時。可是,對於經常可能發生的几个負荷累加的情況則不許可有拉應力出現。如果

全予加應力混凝土的容許拉應力

表 3

區 域	負 荷	混 凝 土 強 度			
		普通結構物		橋 梁	
		300 公斤/ 平方 公分	600 公斤/ 平方 公分	300 公斤/ 平方 公分	600 公斤/ 平方 公分
受 壓 區 域 (受 彎 時)	加靜荷前傳力到混凝土上時	30	45	8	12
	在靜荷下的一般情況	0	0	0	0
受 拉 區 域 (受 彎 時)	在靜荷下的一般情況	0	0	0	0
	單向受彎時的累加負荷*	20	30	15	25
	双向受彎時的累加負荷*	25	35	18 ³ / ₄	31 ¹ / ₄
直接受壓的受拉區域	累加的*	8	12	8	12