

道路建築中的 混凝土真空作業

E.P. 塔拉然斯基著

王 翊 亭譯

人民交通出版社

道路建築中的
混凝土真空作業

E. P. 塔拉然斯基著

王 翊 亭 譯

人民交通出版社

道路建築中的
混凝土真空作業

Е. Г. ТАРАЩАНСКИЙ

ВАКУУМИРОВАННЫЙ БЕТОН
ВДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ДОРОЖНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1952

本書根據蘇聯道路出版社1952年莫斯科俄文版本譯出

王翊亭譯

人民交通出版社出版

(北京北長馬路一號)

新華書店發行

(全國各地)

北京市印刷一廠印刷

編者：姚武浩

全書：57000字★定價：4.300元

1954年11月北京第一版★1954年11月北京第一次印刷

印數：1—5700冊

31"×43"★印張：2張

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

在道路建築中採用混凝土真空作業法，可以使道路及構造物的整體式與裝配式結構的製造加速，提高其技術質量，縮短建築過程，提早使用時間。本書對於真空作業法的特徵、性能、操作規程、設備以及在建築中的應用等，介紹頗為詳盡。

目 錄

序 言	1
第一章 混凝土真空作業	
第一節 混凝土真空作業法的特徵	3
第二節 真空混凝土的性能	6
第三節 混凝土真空作業規程(混凝土真空作業規程的主要技術特徵)	15
第二章 混凝土真空作業的設備	
第一節 真空泵	20
第二節 真空網盤	27
第三節 分水器, 承接器, 真空管道網及附件	32
第四節 混凝土真空作業的裝置	36
第三章 混凝土真空作業在建築中的應用	
第一節 混凝土及鋼筋混凝土整體式結構的真空作業	42
第二節 裝配式結構的真空作業	51
第三節 建築路面及路基時混凝土真空作業的勞動組織	57
第四節 混凝土真空作業的操作指示及設備維護須知	59
結 語	63
譯名對照表	65

序 言

蘇聯人民在共產黨及偉大的領袖斯大林同志領導之下，在發展工業、農業和運輸業(包括汽車運輸)各方面，都有了重大的成就。

蘇聯政府對於在公路建設中所獲得的成就，給予了崇高的評價；一批道路建築工作者、專家和科學工作人員，都榮膺了斯大林獎金獲得者的崇高稱號。

國民經濟高度的發展，偉大的共產主義建設，以及擺在黨和政府面前的許多重大任務的實現，同樣地需要更加發展汽車運輸，擴大公路網，特別是那些具有改良路面的公路。

在蘇聯，對於水泥混凝土路面和路基的建築經驗，以及對於它們在技術上和應用上品質的研究，指出了水泥混凝土路面比起瀝青混凝土路面，是具備了許多技術經濟上的優點。

這些優點可歸納為下列數點：

(1) 高度的堅固性，耐凍性，不溜滑，以及其他適合於在路面重型運輸的許多性能；

(2) 使用的壽命長，簡單，而且費用節省；

(3) 每公里路面所耗用石料的減少，因而降低了它的費用。

因此，必須在實際上研究並探討水泥混凝土路面、路基、以及人工構造物的先進建築方法，使它們在技術上和應用上的品質得以提高，並使它們的使用壽命能夠延長。

除已經知道的那些方法之外(混凝土震搗作業，用化學促進劑及熱處理以加速混凝土的固化作用，附加膠粘劑等)，混凝土的真空作業法在許多的情況下，改善了混凝土結構在技術上和應用上的品質，使它在技術經濟上能具有重大的優點，它在道路建築中將會而且應當獲得廣泛的應用。

混凝土真空作業在其他許多建築部門中，是十分普遍的，但在道路建築中幾乎還沒有加以採用。因此，本書的任務即向公路建築工作者們

介紹真空作業的實質和它對於混凝土性能的影響，真空作業的設備，以及真空作業在道路結構的建築中應用的一些問題。

作者認為本書對於道路建築工作者們在生產上研究混凝土真空作業時有些幫助。

第一章 混凝土真空作業

第一節 混凝土真空作業法的特徵

混凝土真空作業法的發展

關於從混凝土中除去水份和空氣，同時使混凝土搗實的 原理之應用問題，久已成為許多專家們研討的對象。

1899年，在俄國即已提出了一種機器，它在從混凝土厚漿中排去水份的同時，可使混凝土搗實。這種機器的操作基礎就是現在通用的著名的空氣震搗機，其工作原理是藉小型往復式真空泵的同時作用，使已澆灌的混凝土厚漿^①的表面上造成了真空，從而進行其去水作用。

1935年，蘇聯工程師 П. И. 格魯茲格氏，建議使用內部用網隔開的空氣罩子，將已澆灌的混凝土加以真空處理。在這個空氣罩子上面，連接了一個震搗機，以促進混凝土厚漿的搗實作用及其中空氣的排出。這個設備就是現代混凝土真空作業所用設備的原始型式。

在1936年，B. Г. 斯古拉姆達也夫教授和 A. E. 捷索夫工程師設計了表面真空震搗機（圖1），這是一個普通的電氣震搗機，在它的下表面1處裝設了真空室2，並用易於彎曲的軟管3經過集水槽4與真空泵相連接。這個將真空作業和震搗作業兩種方法相結合而共同作用的

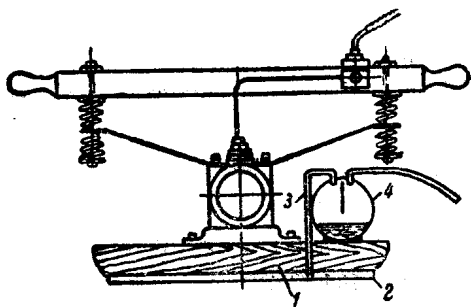


圖1 表面真空震搗機

① 水泥漿、砂子、碎石或卵石的混合物稱為混凝土厚漿，而在結硬之後，就叫做混凝土——譯者。

意見，直到現在還有着重要的意義。

往後，在應用真空作業製造混凝土工件和裝配式結構方面，在蘇聯研究出了許多寶貴的建議。O.A. 格爾茨別克和 A.E. 依秦兩工程師，藉真空作業之助，提出了不用模板而製造裝配式平板的方法。在製造工件成品的工廠中應用這種方法，就有可能接着在真空作業終了之後，即將模型拆除；並使混凝土水份蒸發的時間可能由於大大加速工件強度的增長而縮短很多，同時還會產生其他許多技術經濟上的重要優點。

屬於樑、柱等一類的整體式和裝配式結構，實行真空作業時，則應用埋置在混凝土中的真空管。

對於經過真空作業法加工的混凝土性能的探討，以及真空作業操作技術的研究，我們曾特別加以重視。

在蘇聯所進行的這些研究工作，指出了真空混凝土在技術經濟上的許多重要優點，並促進了混凝土真空作業法的發展。

在偉大的衛國戰爭以前，混凝土真空作業法主要的是在不用模板來製造裝配式鋼筋混凝土平板時所採用的方法。此外，對於工業和民用建築物所應用的地坪、蓋板、梁以及其他整體式混凝土結構，在建造時也有了應用混凝土真空作業的經驗。

混凝土真空作業法在整體式結構生產上的應用，直到偉大的衛國戰爭以後，當建築地坪、蓋板、垂直結構（牆、柱）、薄壁外殼與製造裝配式鋼筋混凝土部件時，才在各種不同的項目中得到了更為廣泛的開展。

在建築水泥混凝土地面和瀝青混凝土下面的混凝土地基時，也有採用混凝土真空作業的加工方法。

最近，更掌握了在遭受風化和破壞作用最厲害的水利工程構造物的混凝土表層的真空作業。

在偉大的共產主義建設的建築物中，如古比雪夫、斯大林格勒和卡霍夫卡等水利樞紐的混凝土結構的建築中，也計劃廣泛的應用真空作業法。特別是在 1951 年，當建築伏爾加河—頓河運河的齊姆良水利樞紐的堤壩時，混凝土真空作業的應用規模尤為宏大。

真空作業法簡述

混凝土真空作業過程的要點，在於使用真空作業的方法，可以造成混凝土中壓力的差別，以便將空氣和過剩的水份（爲使混凝土便於澆灌，這些水份是必需的，但對於硬化作用而言，則成爲過剩的）吸出，並同時使混凝土搗實。

混凝土澆灌以後，爲了減少其中的含水量起見，就採用許許多多的方法將其加工。

這些方法包括了震搗作業，壓縮處理，應用吸水性模板，以及其他許多方法。

不過，真空作業和上列的各種方法不同，因爲在真空作業時，混凝土的搗實作用是由於在混凝土厚漿中，被空氣所充滿的空隙裏面，造成了內部真空的緣故。這樣，就可以從新澆灌的混凝土厚漿中，將大量的空氣和一部分的游離水份在短短的時間內排去，而代以搗實的固態混凝土粒子。

因爲水泥粒子具有很大的散佈能力，所以在真空作業時毛細管壓力增加了，同時也就促進了固態粒子彼此間的互相接近，而使新澆灌的混凝土得到附加的搗實作用。

這樣，用真空作業加工混凝土的結果，使它的密度和強度都提高了，它的硬化作用加速了，而其他許多重要的技術性能也都得到了改善。

在真空作業以後，混凝土已被搗實到這樣的程度，以致可以在混凝土道路平板的表面上進行抹平、磨光和浸漬等加工工作，並且可以部分地進行拆除模板的工作（例如兩旁的側向模板），因爲混凝土已能够保持它的原有形狀了。

真空混凝土試體，在歷時10~15分鐘的加工過程剛剛完成的時候，具有3~5公斤/平方公分的抗壓強度（即搗實的潮濕粘土的抗壓強度）。

合理地進行真空作業的操作，同時自混凝土中抽去水份和空氣，就應該保證了混凝土的搗實作用。混凝土道路和其他水平結構一樣，其真空作業是從上面進行的。在預經震搗機搗實和抹平的混凝土層上面，安

置了真空網盤並將其接入真空；此時一部分的水份和空氣即自混凝土中被吸到真空網盤的體腔裏而排出，然後再沿着真空導管進入集水槽中。這個集水槽是和真空泵的承接器相連接的（圖 2）。

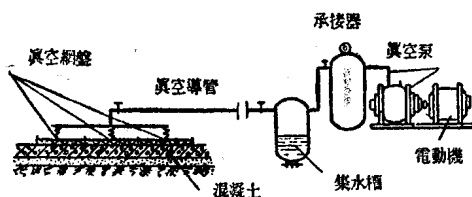


圖 2 混凝土真空作業裝置簡圖

爲了提高混凝土的搗實程度，必須完全利用真空作業時所產生的，在真空網盤體腔中被抽空處的壓力和大氣壓力之間的差別。這個壓力的差別

通常約爲 0.7~0.8 公斤/平方公分，或 7~8 噸/平方公尺。

這樣，當混凝土真空作業的時候，在同一的時間中便進行了兩個過程：即空氣和一部分游離水份的吸出作用以及混凝土的搗實作用。

對於這些作用的各種進程發生影響，並且決定真空作業效率的主要因素，是真空網盤體腔中和與它鄰近的混凝土真空作業地帶中的一種向外的壓力，這種向外的壓力是由於上述地方中降低了的壓力（負壓力或真空）與大氣壓力之間的差別而引起的。

在真空作業過程中所獲得的混凝土的搗實作用，應當是混凝土真空作業法加工的基本要素。

第二節 真空混凝土的性能

真空作業影響了混凝土的結構，在本質上改變了它的性能。真空作業對於混凝土性能所影響的程度，是隨着真空作業的規程、混凝土的成份、和其他許多因素而異。

茲就真空混凝土在道路建築方面最重要的一些性能加以研討。

抗 壓 強 度

考察真空混凝土及非真空混凝土的強度與水灰比^①之間的關係，

^① 水灰比即調製混凝土時所用水和水泥重量的配合比例，通常以 B/U 來表示——譯者。

可以看出：在同樣的最初水灰比時，真空混凝土的強度比非真空混凝土的強度為高（圖3）。

對於真空混凝土，企圖應用一般水灰比與混凝土強度之間的關係，是不能夠得到正確的結果的（這裏所指的水灰比係真空作業後混凝土中殘餘的水灰比，這可由真空作業時水份排出量的測定結果計算而得）。

這說明了：在真空作業時所排除的過剩水量不是固定不變的，而是隨着混凝土的成份、混凝土厚度的最初含水量、水泥的種類、以及真空作業的規程和方法而定的。

在一定的範圍之內（對道路混凝土來講，這約為封閉水①的15~20%），真空作業時所排除過剩的水量愈多，則混凝土的強度也愈大。繼續排除過多的水份則會使混凝土的性能變劣。

千萬要注意：對於成份不同的混凝土，所須排除的最適宜的水量是不一樣的；因此之故，僅僅這個指標還不足以說明真空作業對於提高混凝土強度的效率。

在早期的養護中，真空作業所給予的混凝土抗壓強度的提高是特別的大。

根據很多的數據，可以認為真空混凝土的強度是比同一成份的非真空混凝土的強度為高，其超過的情形如下：

- 在2~3天的養護期中——超過40~60%；
- 在7天的養護期中——超過35~40%；
- 在28天的養護期中——超過25~30%。

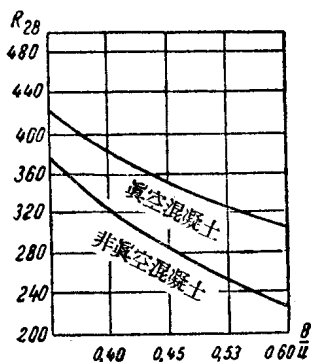


圖3 真空混凝土與非真空混凝土的強度和水灰比(B/U)的關係

① 封閉水即澆灌混凝土時保留在混凝土厚度中的全部水份——譯者。

必須注意到：從少數試體中所得到的混凝土強度的提高，是比實際上在構造物中所得到的稍微要低一些。這說明了一件事情，即模型側壁的表面積與真空作業的面積相比是相當的大，混凝土對於這些側壁的摩擦阻礙了混凝土應有的搗實作用（特別是發生在立方形模型的各個角落中）。

研究真空作業在更晚的養護期中對於混凝土強度變化的影響，指出了：雖然真空作業的相對效率是隨着養護期的加長而降低，但在許多情況下，真空混凝土與非真空混凝土強度絕對值之間的差數仍舊是增高的。莫斯科建築工程研究院（МИСИ）所進行的研究工作指出了：在 60 天的養護期中，真空混凝土試體的抗壓強度比非真空混凝土高 33%。

在一年的養護期中，真空混凝土的強度，在許多的情況下，比一般的混凝土高 30~37%。

依照 O. A. 格爾茨別克的數據，在更晚的養護期中，真空混凝土試體的強度平均比非真空混凝土高 20~25%。

就道路類型的混凝土來講，真空作業對於抗壓強度的影響可以在作者的試驗結果中觀察得到。在這種情況下，真空混凝土的抗壓強度比

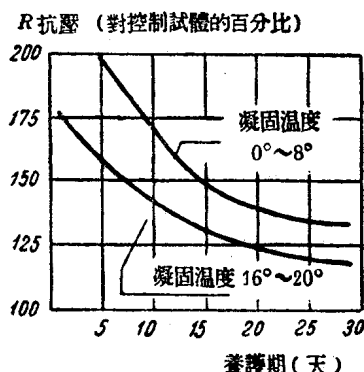


圖 4 在各種不同的溫度下，經真空作業的震搗混凝土的抗壓強度對未經真空作業的震搗混凝土的強度的百分比

震搗混凝土的強度為高：

在 3 天的養護期中——
高 77%；

在 7 天的養護期中——
高 67%；

在 28 天的養護期中——
高 42%；

在 90 天的養護期中——
高 20%。

研究係在下列真空作業的情況下，用直徑 15 公分高 15 公分的圓柱形試體進行的：在真空網盤後面的真空度為 600 公厘

水銀柱高，真空作業的連續時間為 10 分鐘，真空作業開始的時間係緊接在澆灌混凝土之後，混凝土厚漿震搗作業的連續時間為 1 分鐘（此點對非真空混凝土的試體也是一樣的）。真空作業係用直徑約 15 公分的圓形真空網盤進行的。

當混凝土在較低的溫度下硬化時，經過真空作業加工的與未經過真空作業加工的相比，其抗壓強度的增高更為顯著。

圖 4 所示係在各種不同的凝固溫度中——由 $0^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 和由 $16^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，用真空混凝土與非真空混凝土相比的百分數來表示的混凝土強度增長的曲綫。

彎曲時抗張強度

彎曲時抗張強度是路面和路基的主要特性之一，因此，分析真空作業對於這個特性變化的影響是非常重要的。一件事。

[建築工作者]托萊斯(Трест «Строитель»)試驗所，在它所進行的對於真空混凝土平板的研究中，指出了：在 28 天的養護期中，真空混凝土平板的彎曲時抗張強度，比未經過真空作業加工的同樣的平板高 14%（真空作業係在平板被拉長的一面進行的）。

使用高品種的水泥，以 1:2:4 的混凝土成份，製得切面為 $15\times 15\times 120$ 公分的純混凝土梁。以此種梁的試體進行試驗，指出了在 3 天的養護期中，經真空作業加工的試體與未經真空作業加工的試體相比，其抗彎強度提高了 46%。

道路科學研究所進行的研究指出了：真空混凝土試體（ $15\times 15\times 120$ 公分的梁）的抗彎強度極限比僅經震搗加工的試體為高，在 7 天的養護期中高 32%，在 28 天中高 11%，在 90 天中高 3%。真空作業係由試體的上部進行（在梁被壓縮的一面進行）。真空作業的規程和上述的相同。

這些試驗的數目雖然不多，但從這些考察中可以確定：真空作業對於抗彎強度的影響，在混凝土試驗的相應時期中，比對於抗壓強度影響的程度為小。

真空混凝土的收縮

在研究混凝土收縮的時候，已經確定了：除了水泥的礦物成份和它在混凝土中的含量，以及混凝土硬化時的溫度與濕度之外，混凝土厚漿中的含水量也是一個極其重要的因素。

因為當真空作業的時候，在水份抽出的同時，發生了混凝土的搗實作用和壓縮作用，混凝土一部分的收縮是在真空作業時發生的；所以，以後的收縮——即在真空混凝土硬化時的收縮應該比普通的混凝土小得很多。

A.E. 拉索夫曾用同樣成份的真空混凝土與震搗混凝土的 $15 \times 15 \times 120$ 公分的試體作過試驗，以測定其收縮變形的情況。自試體製好的時候起，其溫度即保持不變(15°)，並且進行對於收縮的考察。

這些試驗指出了：當震搗混凝土的試體在第一晝夜的收縮達每公尺 350 公微^①(μ)時，真空混凝土試體的收縮總共不過 40 公微，而有些試體甚至在長度上反而稍微增加了一些(圖 5 中五個梁試體中有三個是增長了)。在 35 天的養護期中，真空混凝土梁試體的收縮比震搗混凝土試體的收縮平均小了三倍。

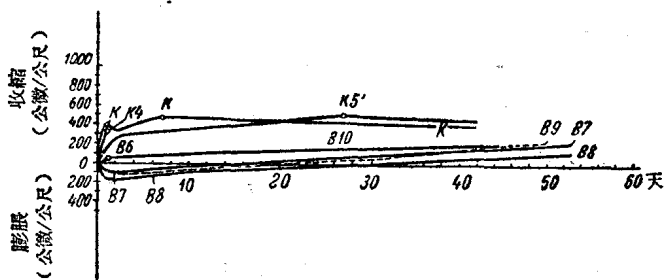


圖 5 真空混凝土的收縮

這些試體在更晚的養護期中的收縮也曾加以測定，其結果引述於表 1 中。由表中可以看出：在二年以後的養護期中，真空混凝土的收縮為震搗混凝土的 73%。

① 公微即百萬分之一公尺，原文為 Микроп, 通常以 μ 符號表示——譯者

表 1

梁試體製備時混凝土的加工方法	混凝土的收縮(公微/公尺)	
	60天養護期	800天養護期
震搗作業	460	630
真空作業	175	460

當夏季酷熱的時候和在特別起風的氣候中，建築混凝土路面或路基時，從混凝土收縮的程度方面可以很明顯地觀察到真空混凝土所具備的優點。在混凝土澆灌工作的一般情況中，上述的條件常常使混凝土的表面產生縮裂；可是，在真空混凝土的表面上却一點都沒有發現到這些縮裂的現象。

在路面上的混凝土縮裂現象，縱使是極其微細，也會引起道路的破壞。

抗 摩 強 度

混凝土的抗摩強度對於路面使用壽命的增長，也是一個極重要的因素。

許多次的研究都證實了：真空混凝土的抗摩強度比非真空混凝土高2~3倍。這樣，譬如用噴砂機來處理混凝土平板的表面時，真空混凝土平板的重量損失為0.33克/平方公分，而非真空混凝土處理後的重量損失則為0.58克/平方公分。

用噴砂機進行磨損性的試驗時，將噴嘴調節到離開混凝土表面5公分的地方，也得到了相同的結果。進行噴砂的時間為10秒鐘。

在真空混凝土表面上因磨損而產生凹入的地方，深度平均為5公厘，而在非真空混凝土的表面上則為12.5公厘。

同時，還要注意到：在重型運輸的情況下使用了兩年以後的混凝土路面，經觀察幾乎沒有發現有何磨損的現象（在路面上仍保留着真空作業時真空網盤上過濾布的印痕）。

真空混凝土的防水能力與吸水作用

道路科學研究所 C. B. 切斯托比羅夫用直徑和高各為 15 公分的圓柱形混凝土試體進行試驗，調製混凝土時使用各種礦物成份不同的水泥。試驗的結果指出了：真空作業一般是不會使混凝土的防水能力提高的。但是，在真空作業以後若加以重覆的震搗操作，則對這方面就會產生效果。例如，經過多次震搗和真空作業聯合加工的試體，與只經過一次歷時一分鐘的震搗作業加工的試體相比，前者的防水能力較後者大了 2.5 倍。

真空混凝土的吸水作用，經試驗指出，比普通混凝土的吸水作用平均低 20~25%。

在試驗混凝土毛細管吸力的時候，真空作業所產生的良好的影響是非常明顯的，這證明了真空混凝土所具備的緊密性。

[建築工作者]托辣斯中央科學研究院工業技術試驗所(ЦНИПИЛ)進行的研究指出了：當將混凝土圓錐形試體浸在不深的水中時，水份在真空混凝土試體中自由上昇的高度(藉着吸力的作用)，比在非真空混凝土試體中小約 2.5~3 倍。

真空混凝土的耐凍性

對於經過真空作業加工的道路混凝土，特別要注意到像提高耐凍性這樣一個重要的優點。

A. E. 捷索夫用真空混凝土和非真空混凝土的立方形試體，進行了關於混凝土的凍結和融凍的試驗。試體的大小為 $20 \times 20 \times 20$ 公分，混凝土的成份為 1:6.5，水灰比為 0.55，可塑性^①為 8.5 公分。試驗的結果如下頁表。

從這些試驗所得的數據中，可以斷定：經過真空作業加工的混凝土試體對於凍結及融凍的耐受性，比經過震搗作業加工的同樣成份的混凝土試體為強。

經過 150 次的凍結和融凍以後，在抗壓強度方面，真空混凝土仍保持它和震搗混凝土相比的優越性。真空混凝土在重量的損失方面(這說明了混凝土受到大氣條件影響時的穩定性)，比震搗混凝土小 1.5~3.0 倍。

試體加工的方法	混凝土的成份(按重量計算)	養護期 (天)	抗壓強度 (公斤/平方公分)		經 150 次 凍結後的 重量損失	備 註
			凍結以前	經 150 次 凍結之後		
震搗作業	1:6.5	6	129	219	257	試體均進 行兩層表 面的加工
		30	216	234	383	
真空作業	1:6.5	6	168	258	140	
		30	259	282	183	

耐凍性的提高是真空混凝土緊密度增加的結果，也是上面所注意到的吸水作用的降低和混凝土中毛細管吸力減小的結果。

真空混凝土與鋼筋的結合及協作

測定混凝土和鋼筋接合的試驗指出了：真空混凝土與鋼筋的接合比震搗混凝土平均大 12%。

中央工業建築科學研究院(ЦНИПС)應用真空作業和震搗作業，由矽酸鹽水泥混凝土製得鋼筋混凝土平板以進行試驗，其結果指出了：真空混凝土平板的毀壞負荷比相同的非真空混凝土平板高 29%。

最近的研究指出了：當混凝土在被壓縮的一面實行真空作業時，平板的支載能力增大了。對於輕度鋼筋加強的平板，真空作業所產生的效果不大或幾乎沒有什麼效果可言。在中度或重度鋼筋加強時，真空作業的效果就大大地增加了。

根據其他的一些資料，在真空作業時，鋼筋混凝土平板的抗彎強度增加了 12~15%。混凝土平板抗彎強度的增加，同時也帶來了剛度的增加和彎曲度的減小，在同樣的負荷之下與震搗混凝土平板相比，平均差 12%。

①可塑度決定了混凝土的搗實和澆灌是否容易。它的測定方法係將調和好的混凝土倒於金屬圓錐形無底斗筒中，隨即將斗筒提起而測量圓錐體混凝土坍落的高度。這個坍落度也就是可塑度；一般以公分表示之——譯者。