



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 新型說明書公告本

(11) 證書號數：TW M670336 U

(45) 公告日：中華民國 114 (2025) 年 05 月 11 日

(21) 申請案號：114201277

(22) 申請日：中華民國 114 (2025) 年 02 月 06 日

(51) Int. Cl. : **B32B1/00 (2024.01)****B32B3/00 (2006.01)****B32B13/00 (2006.01)****E04C2/04 (2006.01)****E04C2/30 (2006.01)**

(71) 申請人：臺灣水泥股份有限公司(中華民國) TCC GROUP HOLDINGS CO., LTD. (TW)

臺北市中山區中山北路 2 段 113 號

(72) 新型創作人：邱鈺文 CHIU, YU-WEN (TW)；邱士恩 CHIU, SHIH-EN (TW)；吳明福 WU, MING-FU (TW)；曾韋程 TSENG, WEI-CHENG (TW)

(74) 代理人：呂紹凡；洪珮瑜

(NOTE) 備註：相同的創作已於同日申請發明專利(Another patent application for invention in respect of the same creation has been filed on the same date)

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：11 共 35 頁

(54) 名稱

3D 列印製品

(57) 摘要

本創作提供一種 3D 列印製品，其包含本體，其具有預定形狀；以及複數個孔狀結構，其均勻設置於本體的內部，且具有包含膠結材、填充材及添加劑之 3D 列印混凝土材料組成物分布於其中。

The present application provides a 3D printed product, which includes a body having a predetermined shape; and a plurality of porous structures, evenly disposed inside the body and having a 3D printing concrete material composition including a binder, a filler, and an additive distributed therein.

指定代表圖：

符號簡單說明：

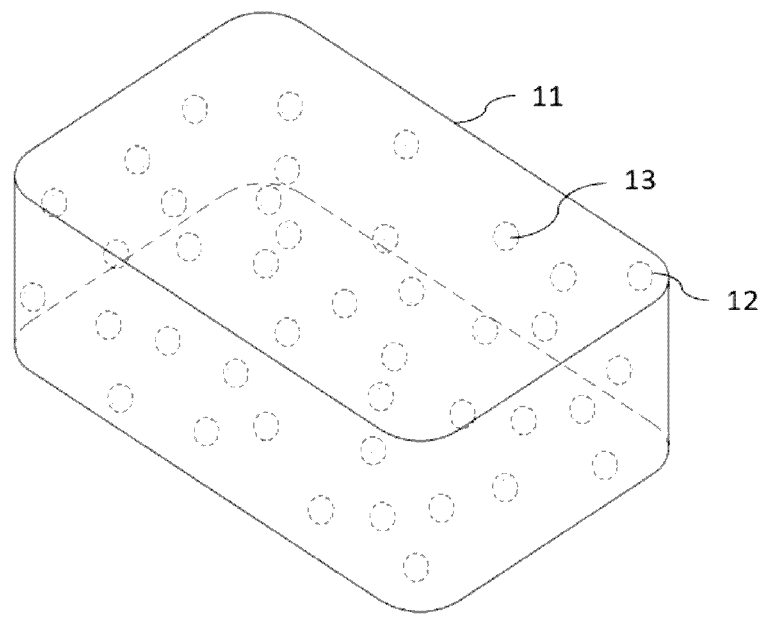
1:3D 列印製品

11:本體

12:孔狀結構

13:3D 列印混凝土材料組成物

1



【圖1】



M670336

【新型摘要】

【中文新型名稱】 3D列印製品

【英文新型名稱】 3D PRINTED PRODUCT

【中文】

本創作提供一種3D列印製品，其包含本體，其具有預定形狀；以及複數個孔狀結構，其均勻設置於本體的內部，且具有包含膠結材、填充材及添加劑之3D列印混凝土材料組成物分布於其中。

【英文】

The present application provides a 3D printed product, which includes a body having a predetermined shape; and a plurality of porous structures, evenly disposed inside the body and having a 3D printing concrete material composition including a binder, a filler, and an additive distributed therein.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1：3D列印製品

11：本體

12：孔狀結構

13：3D列印混凝土材料組成物

【新型說明書】

【中文新型名稱】 3D列印製品

【英文新型名稱】 3D PRINTED PRODUCT

【技術領域】

【0001】 本創作涉及一種3D列印製品。

【先前技術】

【0002】 近年來營建產業人力短缺的問題日益嚴重，且全球環保意識抬頭，使得國內外皆紛紛提倡創新工法及營建自動化等技術。其中，3D 列印技術被建築營造業所注意，3D 列印混凝土（3D concrete printing）的使用在國內外學術研究方面與工程應用上逐漸受到關注與討論。

【0003】 3D 列印是使用三維模型以自動化方式將材料層層堆疊的技術，又稱為積層製造（Additive Manufacturing，AM）。然而，3D 列印技術應用於混凝土物件上有許多困難。在 3D 列印過程中因無需臨時支撐及模板組立，所以 3D 列印材料在泵送或噴頭擠出時，需要有較低的動態降伏應力與塑性黏度來維持漿體之工作性，而當 3D 列印材料開始堆疊後，則要有較高的靜態降伏應力與黏度恢復能力來抵抗材料之流動性。混凝土並非傳統 3D 列印材料，使得 3D 列印混凝土在材料特性方面係與傳統使用的混凝土不同，故在擠出與塑形上仍有許多地方需要克服。

【0004】 目前已有研究對混凝土3D列印製程之模擬分析，分析混凝土物件在製造過程的應力分布及形變，再根據其分析結果，優化製程參數，如位移速率、擠出速率等。

【0005】 本創作係以3D列印技術為前提，而設計具有高強度及耐久性佳的建築用材料，達到低汙染、低碳排和低成本等目的，以此為研究動機開發出一種新穎的3D列印製品。

【新型內容】

【0006】 基於上述原因，本創作提供一種3D列印製品，其包含本體，其具有預定形狀；以及複數個孔狀結構，其均勻設置於本體的內部，且具有包含膠結材、填充材及添加劑之3D列印混凝土材料組成物分布於其中。其中，膠結材包含水泥及矽灰；填充材包含石英粉及石英砂；且添加劑包含羧酸減水劑及速凝劑。其中，羧酸減水劑係佔膠結材總重量的0.5wt%至3.0wt%，且速凝劑係佔膠結材總重量的0.5wt%至5wt%。

【0007】 較佳地，所述預定形狀可包含圓形、方形、錐形、拱形、球狀、柱狀或依需求設計之任意平面或立體形狀。

【0008】 較佳地，所述3D列印製品可為非建築結構的物件。

【0009】 較佳地，所述3D列印製品可為裝置藝術品、永久性模板或乾式外掛版片。

【0010】 較佳地，水泥佔3D列印混凝土材料組成物總重量的約25wt%至約55wt%；矽灰佔3D列印混凝土材料組成物總重量的約1wt%至約15wt%。

【0011】 較佳地，石英粉佔3D列印混凝土材料組成物總重量的約1wt%至約20wt%；且石英砂佔3D列印混凝土材料組成物總重量的約30wt%至約60wt%。

【0012】 較佳地，石英粉的粒徑分布係在約10 μm 至約80 μm 。

【0013】 較佳地，石英砂的粒徑分布係在約150 μm 至約800 μm 。

【0014】 較佳地，添加劑進一步包含：佔膠結材總重量的0.1wt%至0.8wt%之分散劑；佔該膠結材總重量的0.1wt%至2.0wt%之黏度改性劑；以及佔該膠結材總重量的0wt%至0.3wt%之穩態劑。

【0015】 針對上述本創作之態樣，其可至少提供以下優點：

- 1、本創作係利用超高性能混凝土材料組成物作為基底，調配出3D列印混凝土材料組成物，其具有保有3D列印之工作性能，且其材料良好的強度與韌性等優點，是一種將新型建築材料結合創新工法的一項技術。
- 2、相較於傳統的混凝土物件或一般3D列印混凝土，利用本創作之3D列印混凝土材料組成物所製備得的3D列印製品可明顯降低傳統混凝土抗壓強度低、易於開裂等缺點，且相比一般3D列印混凝土，具有極高的韌性能力。
- 3、與傳統混凝土相比，本創作之3D列印混凝土材料組成物雖然成本較高，但具有更高耐久性和減少維護需求，特別是在3D列印中減少浪費的優勢，使其長期經濟效益顯著。

【圖式簡單說明】

【0016】 圖1係為根據本創作之一實施例之3D列印製品的示意圖。

【0017】 圖2係為圖1之3D列印製品的剖面示意圖。

【0018】 圖3係為比較例之模鑄混凝土與3D列印混凝土之膠砂體積比與抗壓強度的關係之柱狀圖。

【0019】 圖4係為根據本創作之一實施例之3D列印的三米高恐龍的示意圖。

【0020】 圖5係為根據本創作之一實施例之3D列印的大型太極立招的示意圖。

【0021】 圖6係為根據本創作之一實施例之3D列印的兩米高螺旋造型花瓶的示意圖。

【0022】 圖7係為根據本創作之一實施例之3D列印的永久性模板的示意圖。

【0023】 圖8係為根據本創作之一實施例之3D列印的乾式外掛版片（單元式）的示意圖。

【0024】 圖9係為根據本創作之一實施例之3D列印的乾式外掛版片之實際呈現的示意圖。

【0025】 圖10係為根據本創作之一實施例之3D列印的立體文字的示意圖。

【0026】 圖11係為根據本創作之一實施例之3D列印的動物造型園藝擺設的示意圖。

【實施方式】

【0027】 定義

【0028】 本文中之用語「超高性能混凝土 (ultra-high performance concrete, UHPC)」係指一種複合水泥基質材料，相較一般傳統的混凝土，可具有更高的強度與均勻性，進而降低因不均質現象所帶來應力集中而造成局部破壞的現象。

【0029】 本文中之用語「混凝土」係指由水、水泥、砂、礫等材料所組成之人造材料。

【0030】 本文中之用語「水泥」係指一種建築材料，係以水硬性晶質矽酸鈣類為主要成分之熟料研磨而得之水硬性水泥。當水泥與水混合後，會發生水化反應，生成矽酸鈣水合物 (Calcium Silicate Hydrate, C-S-H) 和氫氧化鈣 (Ca(OH)₂)。

【0031】 本文中之用語「矽灰」係指非常細小的非結晶型二氧化矽，為矽或含矽合金，例如矽鐵合金製造過程中的副產品。

【0032】 本文中之用語「石英粉」及「石英粉」係分別為石英石經破碎及/或研磨加工而成的石英粉末及顆粒，二者差異在於粒徑大小不同。石英石是一種非金屬礦物質且堅硬、耐磨、化學性能穩定的矽酸鹽礦物，主要成分是二氧化矽。

【0033】本文中之用語「3D 列印技術」係指透過能在三個互相垂直的方向上（例如 X、Y、Z 軸）移動或控制的噴頭將材料噴出，在 X、Y 軸平面以材料繪製圖案，並在 Z 軸方向上一層又一層的將平面圖案堆積成立體高度，最後完成三維立體物件的技術。

【0034】本文中之用語「非建築結構的物件」係非為房屋、橋梁、路橋、大樓等固定的、永久性的建築或基礎設施整體，而是諸如裝飾品、藝術品、傢俱、模板等獨立的物件。

【0035】本文中之用語「永久性模板」指的是在施工過程中用來支撐混凝土的模板，這些模板在混凝土固化後不會被拆除，而是作為結構的一部分留下來，通常具有結構支持或保護功能。

【0036】本文中之用語「約」係用以描述及考慮小的變化。舉例而言，當結合數值使用時，該等術語可指小於或等於該數值之 $\pm 10\%$ 之變化範圍，諸如小於或等於 $\pm 5\%$ 、小於或等於 $\pm 4\%$ 、小於或等於 $\pm 3\%$ 、小於或等於 $\pm 2\%$ 、小於或等於 $\pm 1\%$ 、小於或等於 $\pm 0.5\%$ 、小於或等於 $\pm 0.1\%$ 或小於或等於 $\pm 0.05\%$ 之變化範圍。

【0037】如本文所使用，除非上下文另外清楚地規定，否則單數術語「一」及「該」可包含複數個指示物

【0038】在一實施例中，一種 3D 列印混凝土材料組成物，其包含膠結材、填充材及添加劑，其中膠結材包含水泥及矽灰；填充材包含石英粉及石英砂；且添加劑包含羧酸減水劑及速凝劑。

【0039】膠結材是指能夠將混凝土中各種骨料結合在一起，使之形成強度與耐久性要求的凝固材料。常見的膠結材有水泥、石膏、石灰等，其中水泥是最常用的膠結材。水泥在與水反應後能夠固化並形成強度，進而使混凝土或砂漿具

有結構強度。在本創作中，包含水泥及矽灰的膠結材在 3D 列印混凝土材料組成物中起著承載和強化的作用，使得製作的大型藝術品或結構物具備必要的抗壓強度。

【0040】 填充材是指在混凝土中，除膠結材外，所添加的細小顆粒物質。常見的填充材包含細砂、礦粉、鋼渣等。填充材的主要作用是填補膠結材之間的空隙，提供穩定性並改善混凝土的工作性。填充材可用於提高混凝土的密度、改善流動性，並在減少膠結材使用量的情況下降低成本。在本創作的 3D 列印混凝土材料組成物中，填充材有助於控制材料的黏度和流動性，從而提高列印過程的精確性和穩定性。

【0041】 添加劑至少包含羧酸減水劑及速凝劑。羧酸減水劑是一種常見的混凝土外加劑，能在維持混凝土坍落度基本不變的條件下減少拌合水量。這類外加劑能顯著改善混凝土的工作性和強度。在本實施例的 3D 列印混凝土材料組成物中，羧酸減水劑能夠進一步提升材料的性能，尤其是在 3D 列印技術中，這類添加劑可以保證材料在列印過程中的穩定性和高效性。羧酸減水劑可以包含早強型羧酸減水劑。

【0042】 速凝劑是一種能夠加速混凝土或水泥基材料凝固過程的外加劑。其主要作用是提高水泥的水化速率，使混凝土或砂漿的初凝時間大大縮短。常見的速凝劑可包含氯化鈣、矽酸鈉、矽酸鉀、硫酸鈉、硫酸鋁及鋁酸鈉。

【0043】 在一實施例中，添加劑可進一步包含分散劑、黏度改性劑及/或穩態劑。

【0044】 分散劑是一種能夠減少混凝土中各成分間相互凝聚的材料，通常是聚合物或表面活性劑。它能夠減少顆粒間的相互吸附作用，使得混凝土中的顆

粒均勻分布，從而改善材料的可工作性和流動性。分散劑主要用於改善混凝土或砂漿的流動性、減少黏結性，使得混凝土的攪拌、運輸和施工過程更加順利。在本實施例之 3D 列印混凝土材料組成物中，分散劑有助於維持材料的穩定性，避免在列印過程中發生顆粒沉積或不均勻擠出，保證列印效果。

【0045】 黏度改性劑是調整混凝土黏度的材料，常見的改性劑有膨潤土、纖維素衍生物等。這些材料能改變混凝土的流動性，使其達到適合特定施工工藝的黏度要求。黏度改性劑可用於控制本實施例的 3D 列印混凝土材料組成物的工作性，尤其是需要精確控制材料流動性或形狀保持能力時。對於 3D 列印來說，合適的黏度能夠保證層與層之間的精確對接，避免材料下垂或不穩定的情況發生。

【0046】 穩態劑是指一種能夠提高混凝土或材料穩定性的添加劑，通常包含一些化學添加劑，如膠體或增稠劑。這些添加劑能夠促進混凝土的穩定性，防止混凝土在儲存或使用過程中產生分層、析水或流動性不穩等問題。對於 3D 列印混凝土材料組成物來說，穩定性至關重要，穩態劑能夠使材料在列印過程中保持一致的性能，從而提高列印的精度與質量，防止材料分層或沉積，並保證列印結構的穩定性和持久性。

【0047】 在一實施例中，水泥佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的約 25wt%至約 55 wt%、約 30wt%至約 50wt%、約 30wt%至約 40wt%、35wt%至約 45wt%、或約 40wt%至約 55wt%；矽灰佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的約 1wt%至約 15wt%、約 2wt%至約 8wt%、約 3wt%至約 12wt%、5wt%至約 10wt%、或約 8wt%至約 15wt%；石英粉佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的約 1wt%至約 20wt%、約 2wt%至約 15wt%、約 2wt%至約 7wt%、約 5wt%至約 15wt%、約 8wt%至約 15wt%、或約 5wt%至約 10wt%；且/或石英砂佔 3D 列印混凝土材

料組成物總重量的約 30wt%至約 60wt%、約 30wt%至約 50wt%、約 30wt%至約 40wt%、約 35wt%至約 55wt%、約 35wt%至約 45wt%、或約 40wt%至約 50wt%。在一實施例中，羧酸減水劑佔膠結材總重量的約 0.5wt%至約 3.0wt%、約 0.5wt%至約 2.5wt%、約 1.0wt%至約 2.5wt%、或約 1.0wt%至約 3.0wt%；且/或速凝劑佔膠結材總重量的約 0.5wt%至約 5wt%、約 0.5wt%至約 3wt%、約 1wt%至約 3wt%、或約 1wt%至約 2wt%。

【0048】 在一實施例中，分散劑佔膠結材總重量的約 0.1wt%至約 1.0wt%、約 0.1wt%至約 0.8wt%、或約 0.3wt%至約 0.7wt%；黏度改性劑佔膠結材總重量的約 0.1wt%至約 2.0wt%、約 0.1wt%至約 1.0wt%、約 0.1wt%至約 0.5wt%、約 0.5wt%至約 1.5wt%或約 0.5wt%至約 2.0wt%；且/或穩態劑佔膠結材總重量的約 0wt%至約 0.3wt%、約 0wt%至約 0.2wt%、約 0wt%至約 0.15wt%、約 0wt%至約 0.07wt%、約 0.05wt%至約 0.15wt%、約 0.05wt%至約 0.2wt%、或約 0.1wt%至約 0.3wt%。

【0049】 在一實施例中，石英粉的粒徑分布係在約 10 μm 至約 80 μm ，較佳為約 15 μm 至約 70 μm ，進一步較佳為約 20 μm 至約 60 μm ，更佳為約 25 μm 至約 50 μm ，進一步更佳為約 30 μm 至約 40 μm 。

【0050】 在一實施例中，石英砂的粒徑分布係在約 150 μm 至約 800 μm ，較佳為約 200 μm 至約 750 μm ，進一步較佳為約 250 μm 至約 700 μm ，更佳為約 300 μm 至約 600 μm 。

【0051】 在一實施例中，水泥可包含卜特蘭 I 型水泥、卜特蘭 II 型水泥、卜特蘭 III 型水泥、卜特蘭 IV 型水泥及卜特蘭 V 型水泥中的一或多者。

【0052】 在一實施例中，3D 列印混凝土材料組成物可進一步包含鋼纖維或合成纖維來提高材料的韌性及延展性，以增加其抗彎強度。在一實施例中，3D 列印混凝土材料組成物可進一步包含消泡劑、膨脹劑或其任意組合。

【0053】 消泡劑是一種用於減少或消除液體中泡沫的化學添加劑。在混凝土攪拌過程中，其可以防止過多的泡沫產生，保證混凝土 3D 材料製品的均勻性和穩定性。

【0054】 膨脹劑是用來在某些製程中產生氣體或膨脹效應的化學物質，其常用於泡沫混凝土或輕質混凝土中，使混凝土在保持結構強度的同時，減少自重並提高隔熱、隔音性能。這種膨脹效應有助於降低 3D 材料製品的密度。

【0055】 在一實施例中，採用本創作之 3D 列印混凝土材料組成物，藉由 3D 列印技術進行列印而獲得 3D 列印製品。如圖 1 及圖 2 所示，製備所得之 3D 列印製品 1 包含具有預定形狀之本體 11 及均勻設置於本體 11 的內部的複數個孔狀結構 12，包含膠結材、填充材及添加劑等成分的 3D 列印混凝土材料組成物 13 分布於複數個孔狀結構 12 中。在一實施例中，該預定形狀可為圓形、方形、錐形、拱形、球狀、柱狀或依需求設計之任意平面或立體形狀。在一實施例中，3D 列印製品 1 可為非建築結構的物件，例如家具擺設、景觀園藝、客製化複雜造型、永久性模板和乾式掛版片等成品。

【0056】 在一實施例中，3D 列印技術可包含擠出法（Extrusion-Based Printing），透過機械噴嘴將 3D 列印混凝土材料組成物擠出，逐層堆疊以構築結構。本實施例之 3D 列印混凝土材料組成物具備快速凝固與自支撐特性，以維持堆疊穩定性，可適用於大型結構，如牆體、樓板、柱體及建築物外殼。建造速度快，適合連續列印工程。能夠製造中空結構與複雜幾何形狀。

【0057】 實例**【0058】 實驗材料****【0059】 配方一**

【0060】 在本實施例中，3D 列印混凝土材料組成物可由膠結材、填充材和添加劑組合而成。其中，膠結材包含：水泥，其係佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 30wt%至 40wt%；以及矽灰，其係佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 8wt%至 15wt%。填充材包含：石英粉，其係佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 8wt%至 15wt%；以及石英砂，其係佔前述 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 35wt%至 45wt%。其中，石英砂之粒徑分布約在 300 μ m 至 600 μ m，石英粉之粒徑分布則在 30 μ m 至 40 μ m 的範圍內。添加劑包含：羧酸減水劑，係佔膠結材總重量的 0.5wt%至 2.5wt%；分散劑，係佔膠結材總重量的 0.1wt%至 0.8wt%；黏度改性劑，係佔膠結材總重量的 0.5wt%至 1.5wt%；穩態劑，係佔膠結材總重量的 0.05wt%至 0.15wt%；以及速凝劑，係佔膠結材總重量的 0.5wt%至 5wt%。

【0061】 本實施例之 3D 列印混凝土材料組合物係由超高性能混凝土（UHPC）材料為基底，並透過添加劑改變其性質，使其符合 3D 列印所需之工作性能，並使其製品也同時具有超高性能混凝土固有之高抗壓強度的特性。本實施例之 3D 列印混凝土材料組合物包含羧酸減水劑與速凝劑，羧酸減水劑可以包含早強型羧酸減水劑，除了能減少拌合水量，提高混凝土強度之外，還能增進水化反應的反應速率，讓生成矽酸鈣水合物（C-S-H）膠體的速度增快數量變多，達到縮短凝結時間的效果。速凝劑可以縮短混凝土材料組成物的凝結時間，有效增加 3D 列印過程中之混凝土列印材料堆疊時的穩定性。

【0062】 配方二

【0063】 在本實施例中，3D 列印混凝土材料組成物可由膠結材、填充材和添加劑組合而成。其膠結材包含：水泥，其係佔前述 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 40wt%至 55wt%；矽灰，其係佔前述 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 2wt%至 8wt%。而填充材包含：石英粉，其係佔 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 2wt%至 7wt%；石英砂，其係佔前述 3D 列印混凝土材料組成物總重量的 40wt%至 50wt%。其中，石英砂之粒徑分布約在 300 μ m 至 600 μ m，石英粉之粒徑分布則在 30 μ m 至 40 μ m 的範圍內。添加劑包含：羧酸減水劑，係佔膠結材總重量的 1.0wt%至 3.0wt%；分散劑，係佔膠結材總重量的 0.1wt%至 0.8wt%；黏度改性劑，係佔膠結材總重量的 0.1wt%至 0.5wt%；穩態劑，係佔膠結材總重量的 0wt%至 0.07wt%；速凝劑，係佔膠結材總重量的 0.5wt%至 5wt%。

【0064】 本實施例之 3D 列印混凝土材料組合物係由超高性能混凝土材料為基底，並透過添加劑改變其性質，使其符合 3D 列印所需之工作性能，並使其製品也同時具有超高性能混凝土固有之高強度的特性。本實施例之 3D 列印混凝土材料組合物包含羧酸減水劑與速凝劑，羧酸減水劑可以包含早強型羧酸減水劑，早強型羧酸減水劑之減水效果有助於提高強度，速凝劑之功能則有效增加 3D 列印之堆疊穩定性，相較於配方一，本實施例之配方二所添加的減水劑與速凝劑的配比提高，可以更進一步的縮短凝結時間。

【0065】 實驗方法與結果

【0066】 實例 1

【0067】 以下係針對包含上述配方一或配方二的 3D 列印混凝土材料組成物之特質，依據擠出性、流動性、建造性和凝結時間等評估指標進行測試，該些特性定義如下：

擠出性：不易發生管道阻塞及材料擠出中斷等情形的能力。

流動性：材料在擠出堆疊前具有良好的流動性質，便於設備供料系統之正常運作。

建造性：在無支撐的情況下，其材料能在自重及上層材料的重力作用下維持自身結構與外型的能力。

凝結時間：其材料可根據圖形尺寸大小不同，控制凝結時間於範圍內。

【0068】 表1係根據上述評估指標進行相關新拌性質試驗之結果，其中擠出性及建造性目前試驗方法仍以目視觀測的方式進行試驗。根據表1之實驗結果，本些實施例之3D列印混凝土材料組成物具備良好的新拌性質，並符合技術要求。其中，擠出性試驗結果顯示，配方一及配方二均可連續擠出，無堵塞或明顯拉裂現象，滿足觀測標準；流動性均落在160~220 mm標準範圍；建造性試驗表明，材料擠出後形狀穩定，無倒塌現象，亦符合觀測標準。此外，本材料的凝結時間分別為86分鐘（配方一）與61分鐘（配方二），均優於技術要求的90分鐘以下標準，且具備可調整凝結時間的特性。

【0069】 表1、本創作配比之各項新拌性質

特性	配方一	配方二	技術要求 ^(a)
擠出性	可連續擠出、無堵塞、無明顯拉裂	可連續擠出、無堵塞、無明顯拉裂	觀測
流動性 (mm)	170~190	170~190	160~220
建造性	擠出後形狀保持穩定且不倒塌	擠出後形狀保持穩定且不倒塌	觀測
凝結時間 (min)	86	61	≤90

^(a)資料來源：中國工程建設標準化協會標準-混凝土 3D 列印技術規程 T/CECS 786-2020

【0070】 本創作之實施例之3D列印混凝土材料組成物的水膠比、礦物摻料的種類與比例以及添加劑的組合與配比經過精心選擇及搭配，藉此調配出既能符合3D列印工作性能的3D列印混凝土材料組成物，又能符合抗壓強度的製品。特別是，添加劑可以包含速凝劑、羧酸減水劑、分散劑與黏度改性劑。速凝劑可以加速混凝土凝結反應；羧酸減水劑可以是早強型羧酸減水劑，其除了能減少拌合水量之外，還能增進水化反應的反應速率，縮短凝結時間；分散劑可減少顆粒間的相互吸附作用；且黏度改性劑可改變材料流動性，間接地影響凝結時間。本實施例藉由選用並調配上述添加劑的比例，調配凝結時間，讓混合出的3D列印混凝土材料組成物的凝結時間可以符合中國工程建設標準化協會標準所制定的混凝土3D列印技術規程，以及實際操作3D列印時所需的種種工作特性。因此，本創作之實施例之3D列印混凝土材料組成物的凝結時間相較標準值為佳且具有調整時間長短的特性。

【0071】 實例2

【0072】 以上述配方一或配方二的3D列印混凝土材料組成物作為3D列印技術的原物料，採用擠出式積層堆疊的3D列印方法，使用龍門式機台進行製作。實驗步驟如下：將袋裝粉料、水及添加劑一同拌和，直至混合料達到適合列印的黏稠度，然後將漿料投入料斗中，開始進行列印。

【0073】 本實施例之3D列印混凝土材料組成物至少包含羧酸減水劑，羧酸減水劑可以是早強型羧酸減水劑，減水劑能減少拌合水量，當3D列印混凝土材料組成物整體的水分減少，其製品的抗壓強度就越高。此外，減水劑可以增進水化反應的反應速率，讓生成矽酸鈣水合物（C-S-H）膠體的速度增快數量變多，當3D列印混凝土材料組成物中生成的矽酸鈣水合物數量越多，以此材料製備成品的抗壓強度就越高。進一步來說，本實施例之3D列印混凝土材料組成物包含

膠結材，膠結材包含矽灰，其比重小比表面積大，所生成的矽酸鈣水合物膠體的比重小比表面積大，更容易填充或填補在水泥或其他尺寸較大的粒材間隙之間，且能增強組成分之間吸附黏著的效果，因此其製品的抗壓强度高。本實施例之3D列印混凝土材料組成物，以3D列印技術所列印製作的物件成品具有良好的抗壓強度且不易斷裂，其材料力學性質各項試驗成果如表2所示。

【0074】 表2、本創作配比之各項力學性質

試驗項目	配方一	配方二	技術要求 ^(a)	
標準試體抗壓強度 (MPa)	114.6	91.4	符合設計要求	
3D列印試體抗壓強度 (MPa)	96.1	88.7		
抗壓強度折減率 (%)	16	3	≤20%	
抗彎強度 (MPa)	25.5	18.5	--	
層間劈裂強度 (MPa)	5.1	3.9	C20	0.8 MPa
			C30	1.0 MPa
			C40	1.5 MPa
			C50	2.5 MPa
			C60	3.5 MPa
層間黏結強度 (MPa)	2.9	2.7	≥1.5 MPa	

^(a)資料來源：中國工程建設標準化協會標準-混凝土 3D 列印技術規程 T/CECS 786-2020

【0075】 比較例

【0076】 過去研究顯示，3D列印混凝土 (3DPC) 在列印過程中產生的層層堆疊效果，大幅影響其力學性質，且與傳統澆置填模的混凝土相比，因3D列印混凝土具有獨特的方向性，力學性質會隨著列印路徑方向而有所不同。在列印圖形相同的情況下，當載重平行於層間黏結面時，抗壓強度、劈裂強度和抗彎強度較小，原因在於層間黏結性相對較差而形成結構弱面，使得裂縫可迅速擴展產生

脆性破壞；反之，當載重垂直於層間黏結面時，抗壓強度、劈裂強度和抗彎強度則較大，因為裂縫產生時並無明顯的層間結構弱面可讓裂縫蔓延。

【0077】 比較例採用營建知訊483期/2023/04，3D 列印混凝土之力學性質之文獻，其中一組實驗結果作為對比。以下簡述實驗材料與做法，三維列印試體所採用的混凝土材料水膠比固定為0.4，配合不同的膠砂體積比， $B/S=0.4、0.5、0.6、0.7、0.8$ 分別進行配比設計，以及三維列印與模鑄混凝土試體之製作（模鑄試體尺寸為50mm*50mm*50mm），並探討膠砂體積比對三維列印混凝土可列印性及硬固性質之影響。抗壓試驗之列印試體由三維列印機列印之200mm*50mm*50mm長條狀試體，切割成尺寸50mm*45mm*50mm之試體進行抗壓試驗，三維列印試體進行抗壓試驗時，分別由 $F_x、F_y、F_z$ 三個不同方向加載。

【0078】 需注意的是，根據中國工程建設標準化協會標準-混凝土3D列印技術規程T/CECS 786-2020內所規定的3D列印試體抗壓強度的測試方法，其與營建知訊483期/2023/04中，3D 列印混凝土之力學性質所記載之由Z方向加載壓力以測試抗壓強度的測試方法相同，因此不同受試體以這兩種方法測試後的數據結果是可以比較的，也就是說，比較例在圖3所表示的Z方向的抗壓強度數據可以與本創作說明書之表二所列之配方一與配方二的3D列印試體抗壓強度數據互相比較。

【0079】 比較例的實驗結果以圖3說明，圖3係為比較例之模鑄混凝土與3D 列印混凝土之膠砂體積比與抗壓強度的關係之柱狀圖。根據比較例圖3之實驗結果與上述本創作表2之內容比較，可發現圖3之模鑄混凝土的抗壓強度最高強度約95MPa，明顯小於本創作表2之配方一標準試體抗壓強度的114.6 MPa，而僅接近本案配方二之標準試體抗壓強度的91.4 MPa；再者，圖3之3D列印混凝土在Z方向抗壓強度在不同膠砂體積比下會有所不同，其最低強度為63MPa，最高強度

約71MPa，皆小於本創作表2之配方一的96.1 MPa以及配方二的88.7MPa，顯示上述實施例之3D列印混凝土材料組成物在3D列印後所製成之製品，具有顯著優於現有技術的抗壓強度，這意味著上述實施例之3D列印混凝土材料組成物經過3D列印後所製成之製品，能保持較高的結構強度，有助於提高結構的承載能力和耐用性。這使得上述實施例之3D列印混凝土材料組成物在3D列印應用中具有更高的潛力和優勢。

【0080】 本創作提供上述具有高強度且耐久性佳的3D列印混凝土材料組成物，可以克服3D列印混凝土在力學性質表現上會有異向性與折減率的問題，其即便產生異向性與折減率，仍相較於一般3D列印混凝土材料的力學性質表現來得優異，在應用層面上能有更多元化的應用。

【0081】 綜合來看，本創作的3D列印混凝土材料組成物經3D列印製成之製品在力學性能方面均顯示出顯著優勢。這些性能上的提升使得本創作之3D列印混凝土材料組成物在長期使用中的維護需求大大減少。傳統混凝土的孔隙率高，吸水率大，且氯離子容易滲透，這些因素使得傳統混凝土之物件在長期暴露於自然環境中容易遭受損壞或腐蝕。而本創作的3D列印混凝土材料組成物，由於其低孔隙率、低吸水率、極低的透氣性和氯離子滲透係數，具有更高的耐久性，顯著減少了藉由其製備所得之物件的維護成本和維護頻率。

【0082】 應用實例

【0083】 將本創作提供之3D列印混凝土材料組成物以3D列印物件成型，目前實施主要製作非建築結構的物件，諸如家具擺設、景觀園藝、客製化複雜造型、永久性模板和乾式外掛版片等成品，下列將簡易說明本創作之應用實例。

【0084】 《裝置藝術品》

【0085】 本創作提出了一種具有卓越建造性能的之3D列印混凝土材料組成物，包含凝結時間短、抗壓强度高及可塑性佳的特性，特別適合於製作各類大型一體成型的裝置藝術品，例如三米高恐龍2（圖4）、大型太極立招3（圖5）和兩米高螺旋造型花瓶4（圖6）等大型裝置藝術品。與傳統的水泥製品相比，本實施例之3D列印混凝土材料組成物在製作複雜造型方面提供了顯著的技術優勢，尤其在細節呈現和結構穩定性方面的表現遠超傳統水泥製品。這些特性使得本實施例之3D列印混凝土材料組成物能夠高效並穩定地完成高度複雜的藝術作品，且具備高度的創意和美學表現潛力。

【0086】 如圖4所示，三米高恐龍2的造型在設計上採用鏤空的結構，並包含多處懸臂部分（如上排牙齒延伸設計），由於本實施例之3D列印混凝土材料組成物具有良好的工作性能與極短的凝結時間，可以流暢地完成所設計的圖樣。此外，由於本實施例之3D列印混凝土材料組成物具有優越的抗壓強度，這使得列印完成後的成品即便具有鏤空結構與懸臂部分，仍能夠穩定成型而不會發生坍塌現象。再者，本實施例之3D列印混凝土材料組合物進一步包含鋼纖維或合成纖維，來提高材料的韌性，並增加其抗彎強度，使得即便本實施例之製品的高度高達三米，仍能穩定成型。相比傳統的澆置填模工藝，本實施例之3D列印混凝土材料組成物提供了更高的可行性與效率，能夠實現更複雜且精緻的結構，顯著提升了大型裝置藝術品的製作可能性。

【0087】 如圖5所示，大型太極立招3以太極圖形的意象為設計靈感，採用鏤空與實心結構交替的設計手法，此設計要求在曲線和線條的呈現上具有極高的精度與強度。本實施例之3D列印混凝土材料組成物，因具有高精度及高強度的特性，使其能夠完美呈現曲線及線條，實現了傳統技術無法達成的藝術效果。

【0088】如圖6所示，兩米高螺旋造型花瓶4的設計挑戰在於每層列印輪廓的旋轉偏移及逐漸內縮或外擴變化，特別是在瓶身下縮上擴的部分。由於本實施例之3D列印混凝土材料組成物具有很高的抗壓強度，因此即便瓶身最窄處上方進一步疊加更高重量且疊加角度不完全垂直於層間黏結面的混凝土材料，抗壓強度、劈裂強度和抗彎強度仍然足夠大，使得列印完成後的成品，仍能夠穩定成型而不會發生坍塌現象。在這樣的設計挑戰下，本實施例之3D列印混凝土材料組成物以其優異的穩定性和精準度，成功克服了這些技術難題。每層列印的精確連接確保了螺旋線條的穩定性，從而呈現出一個視覺效果極為突出且形狀穩定的複雜模型。這不僅顯示了3D列印技術在創建大型複雜造型時的應用潛力，也證明了本實施例之3D列印混凝土材料組成物在實現精細、動感設計中的巨大優勢。

【0089】《永久性模板》

【0090】混凝土3D列印技術在材料性質與設備條件上較被廣泛使用於大型物件，以國外3D列印混凝土建築物來說，可省去人力與時間成本、降低碳排放和減少環境污染等，在設計上更可達到複雜化與客製化。然而，各國在混凝土3D列印技術上皆尚未訂立相關標準規範，而依照日本實際應用案例，是將3D列印混凝土運用於諸如建築模板的非建築結構物件上，以取代傳統模板來使用。

【0091】如圖7所示，本應用實例是利用3D列印混凝土材料組成物製作柱體的模板，可長達三米高，為一體成型，具有良好的防漏漿性能，並在硬固後可直接放置鋼筋籠並澆置混凝土，無需進行模板拆除作業，即為永久性模板5。這一特性不僅簡化了施工流程，還確保了結構的整體穩定性，顯著提高了建築施工的效率與環保性能。與傳統建築材料相比，本實施例之3D列印混凝土材料組成

物在模板製作過程中展現了顯著的優勢，因不影響柱體的整體結構，從而提升了模板的實用性和施工效率，可被廣泛運用於工程上。

【0092】 《乾式外掛版片》

【0093】 本實施例之3D列印混凝土材料組成物的產品設計上，目前著重於非建築結構物件及模組化設計。一般建築物外圍或室內使用的乾式版片普遍以平面做二維的造型設計，而本創作採用混凝土3D列印造型自由化的特性，搭配本實施例之3D列印混凝土材料組成物配比，可製作出三維造型的乾式外掛版片。

【0094】 如圖8與圖9所示，其展示了本實施例之3D列印混凝土材料組成物如何與3D列印技術結合，實現具有三維造型的乾式外掛版片6。這些版片不僅能夠依據建築師或設計師的需求進行模組化與客製化設計，還能為建築外觀提供更多元的視覺呈現選擇，並提升整體造型的美感與創意性。相比傳統的平面乾式版片，圖8與圖9所示之乾式外掛版片6具有波浪狀的表面，由於本實施例之3D列印混凝土材料組成物具有較短的凝結時間與較高的抗壓強度，即便其載重不完全垂直於層間黏結面也具有足夠的抗壓強度，而使得成品足以支撐成型不至於坍塌，能夠實現更具設計感的外觀，且具備更多樣化的結構設計可能性。

【0095】 《客製化複雜造型》

【0096】 本實施例之3D列印混凝土材料組成物結合混凝土3D列印技術可製作複雜造型，有效免除傳統製模、填模和拆模等工序項目，實現以機器代替人力的高效率生產。

【0097】 如圖10所示，本實施例之3D列印混凝土材料組成物用於3D列印時可製作精細的中英文立體文字7，相較於上述實施例的裝飾品或模板，文字圖樣在固定體積內通常具有較為繁複的彎折，觀察成品可以發現其表面平整、連續

無拉扯裂縫無斷裂，代表本實施例之3D列印混凝土材料組成物的工作性能優異，在供料系統內流動順暢，擠出流暢沒有中斷或阻塞，擠出後在沒有模板支撐的情況下仍能維持自身結構沒有變形，特別是擠出性能優異，確保了連續擠出過程的穩定性，無拉裂現象，這使得複雜文字或圖案的製作變得簡單而穩定。

【0098】 此外，如圖11所示，本實施例之3D列印混凝土材料組成物亦可用於製作例如動物造型園藝擺設8或造型盆栽等多樣化的文創物品，展現出其在客製化與創意設計領域中的廣泛應用潛力。

【0099】 綜上所述，藉由本創作提供之3D列印混凝土材料組成物來3D列印物件，可應用於各種非建築結構的物件，故本實施例之3D列印混凝土材料組成物可朝向多元化造型設計與應用領域發展。

【0100】 在3D列印混凝土技術當中，透過不同應用來選擇最佳化的配比，使效益達到最大化。為了優化本實施例之3D列印混凝土材料組成物的配比，在配比的調控上主要以強度作為首要考量，現以持續研究相關材料技術，提升其抗壓強度成果表現，目的在於因應未來多元化應用時的各種挑戰。除了上述的現有配比優化，在環保減碳方面，本實施例之3D列印混凝土材料組成物亦可進一步使用包含各產業類別之廢棄物等材料，以達到廢棄物去化等目的。

【0101】 本創作的許多特徵和優點可從上述詳細說明中顯而易見，因此，所附申請專利範圍旨在涵蓋落入本創作真實精神和範圍內的本創作所有特徵和優點。此外，由於所屬領域中具有通常知識者將容易聯想到多種修改和變化，因此本創作並不限於所示出和描述的明確製程、構造和操作，所有合適的修改和等效物皆落於本創作的範圍內。

【0102】此外，所屬領域中具有通常知識者將瞭解，本創作所基於的構思可輕易地作為設計用於實現本創作的多個目的之其他方法、結構和系統的基礎。因此，申請專利範圍不應被認為受到前述描述的限制。

【符號說明】

【0103】 1：3D列印製品

11：本體

12：孔狀結構

13：3D列印混凝土材料組成物

2：三米高恐龍

3：大型太極立招

4：兩米高螺旋造型花瓶

5：永久性模板

6：乾式外掛版片

7：立體文字

8：動物造型園藝擺設

【新型申請專利範圍】

【請求項1】 一種3D列印製品，其包括：

一本體，其具有一預定形狀；以及

複數個孔狀結構，其均勻設置於該本體的內部，且具有3D列印混凝土材料組成物分布於其中，其中該3D列印混凝土材料組成物包括：

一膠結材，其包括水泥及矽灰；

一填充材，其包括石英粉及石英砂；以及

一添加劑，其包括羧酸減水劑及速凝劑，其中：

該羧酸減水劑，其係佔該膠結材總重量的0.5wt%至3.0wt%；且

該速凝劑，其係佔該膠結材總重量的0.5wt%至5wt%。

【請求項2】 如請求項1之3D列印製品，其中該預定形狀包含圓形、方形、錐形、拱形、球狀、柱狀或依需求設計之任意平面或立體形狀。

【請求項3】 如請求項1之3D列印製品，其係為非建築結構的物件。

【請求項4】 如請求項1之3D列印製品，其係為裝置藝術品、永久性模板或乾式外掛版片。

【請求項5】 如請求項1之3D列印製品，其中該膠結材所包括：

水泥，其係佔該3D列印混凝土材料組成物總重量的約25wt%至約55wt%；

矽灰，其係佔該3D列印混凝土材料組成物總重量的約1wt%至約15wt%。

【請求項6】 如請求項1之3D列印製品，其中該填充材所包括：

石英粉，其係佔該3D列印混凝土材料組成物總重量的約1wt%至約20wt%；以及

石英砂，其係佔該3D列印混凝土材料組成物總重量的約30wt%至約60wt%。

【請求項7】 如請求項6之3D列印製品，其中該石英粉的粒徑分布係在約10 μm 至約80 μm 。

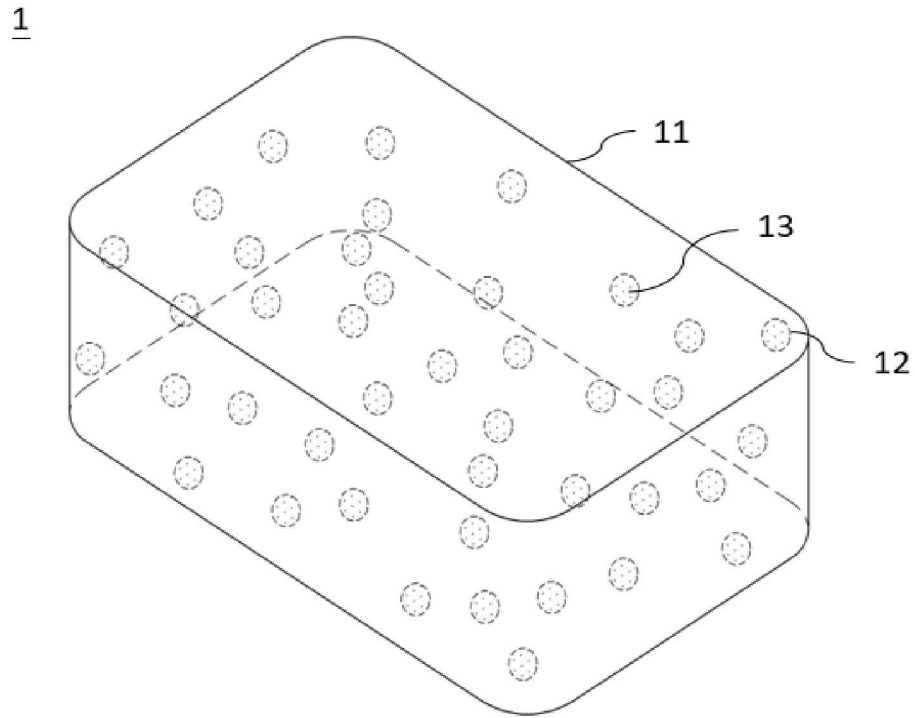
【請求項8】 如請求項6之3D列印製品，其中該石英砂的粒徑分布係在約150 μm 至約800 μm 。

【請求項9】 如請求項1之3D列印製品，其中該添加劑進一步包括：

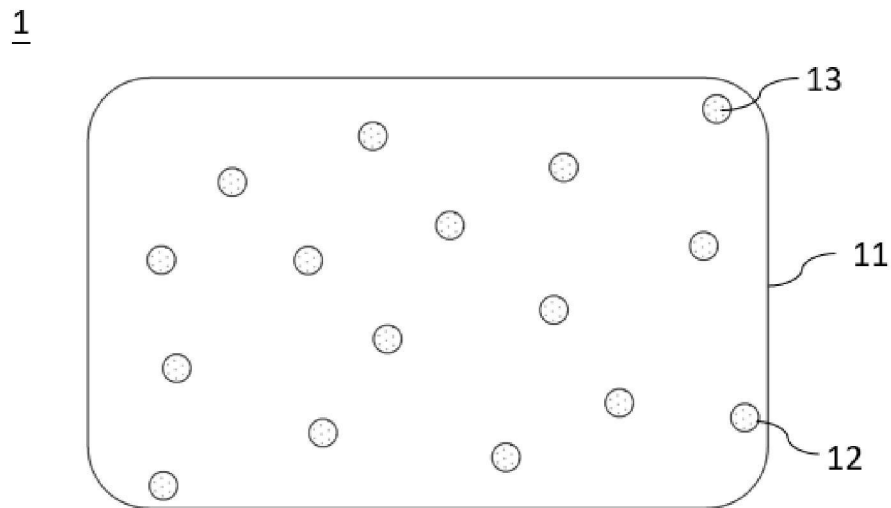
分散劑，係佔該膠結材總重量的0.1wt%至0.8wt%；

黏度改性劑，係佔該膠結材總重量的0.1wt%至2.0wt%；以及

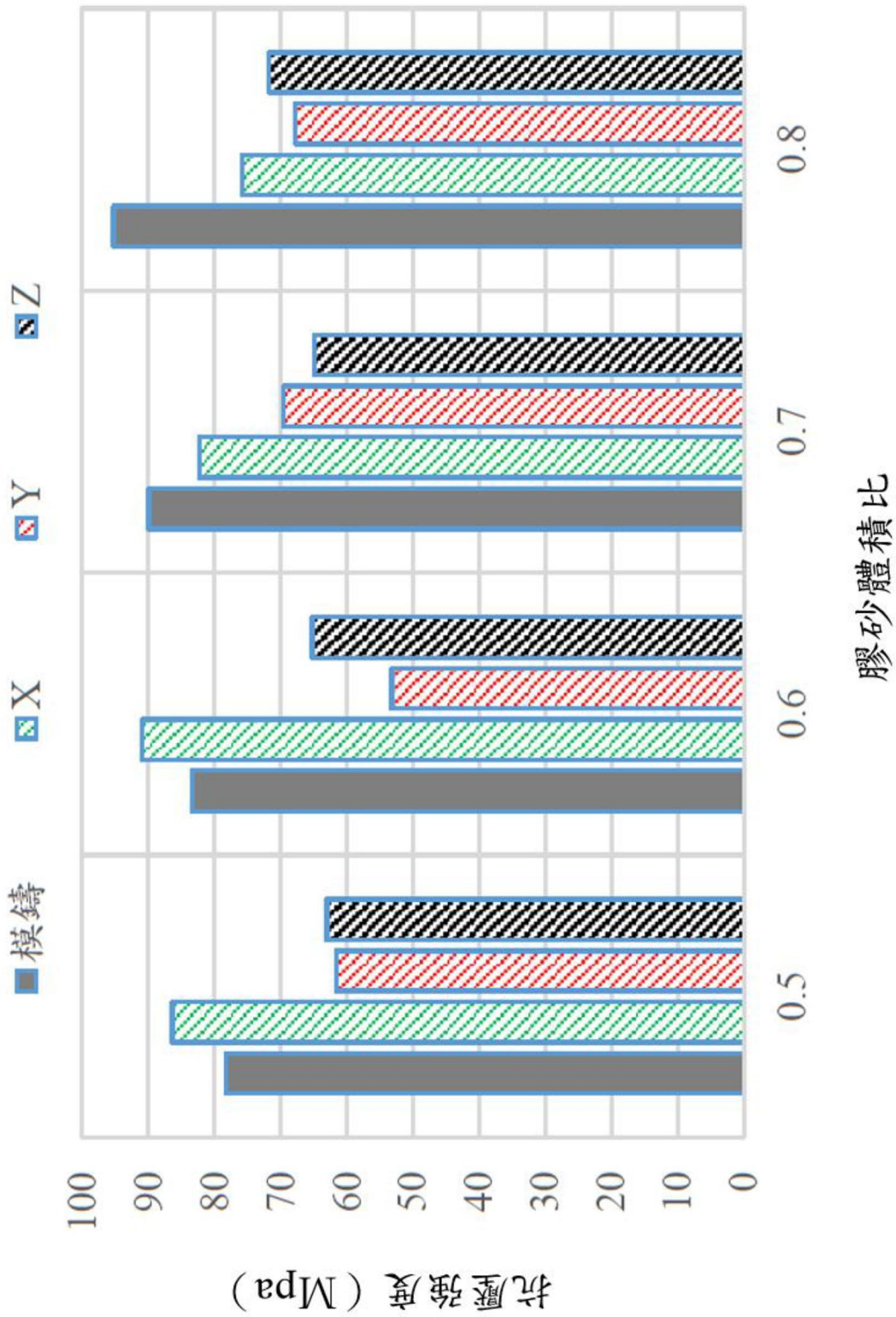
穩態劑，係佔該膠結材總重量的0wt%至0.3wt%。



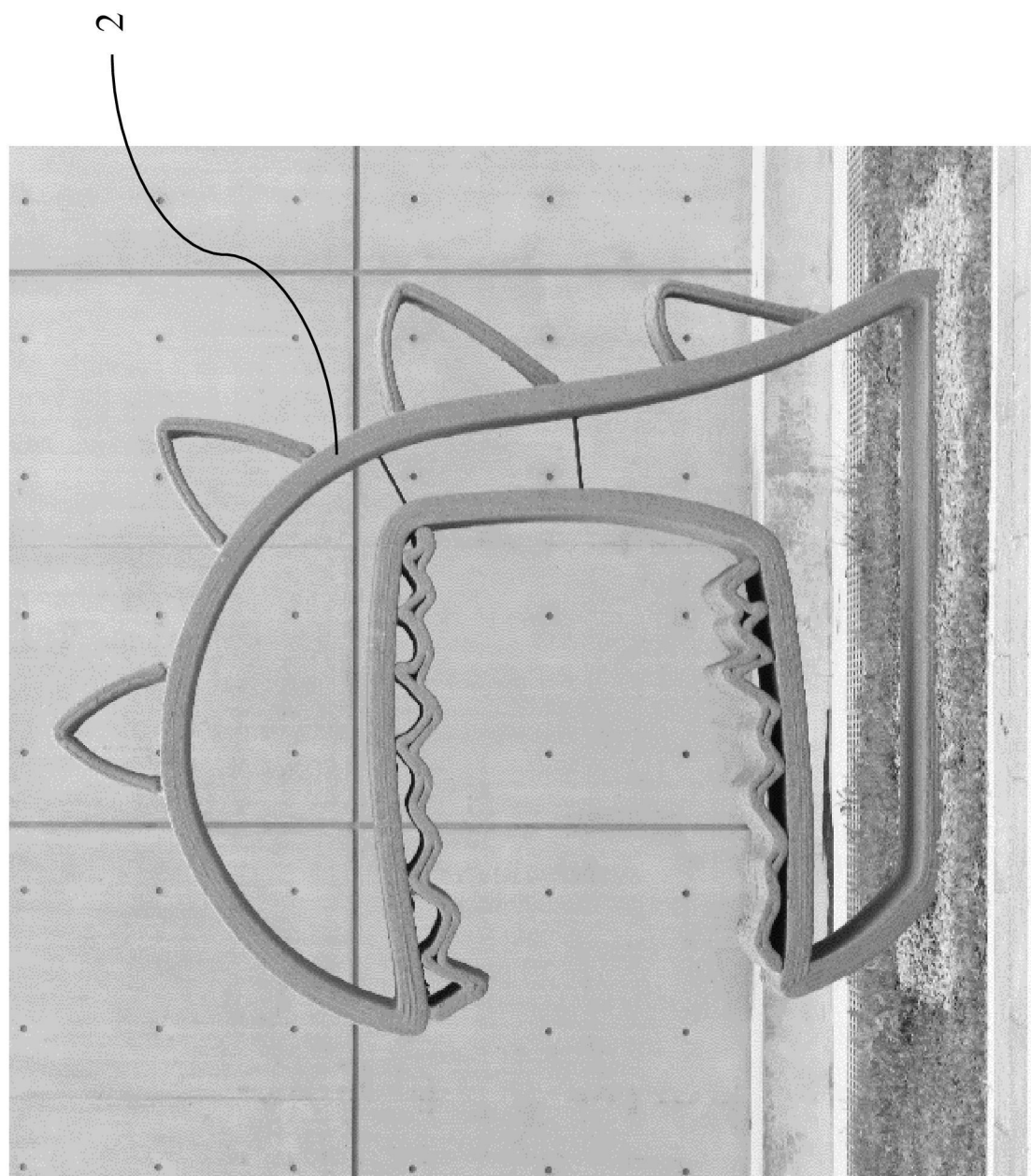
【圖1】



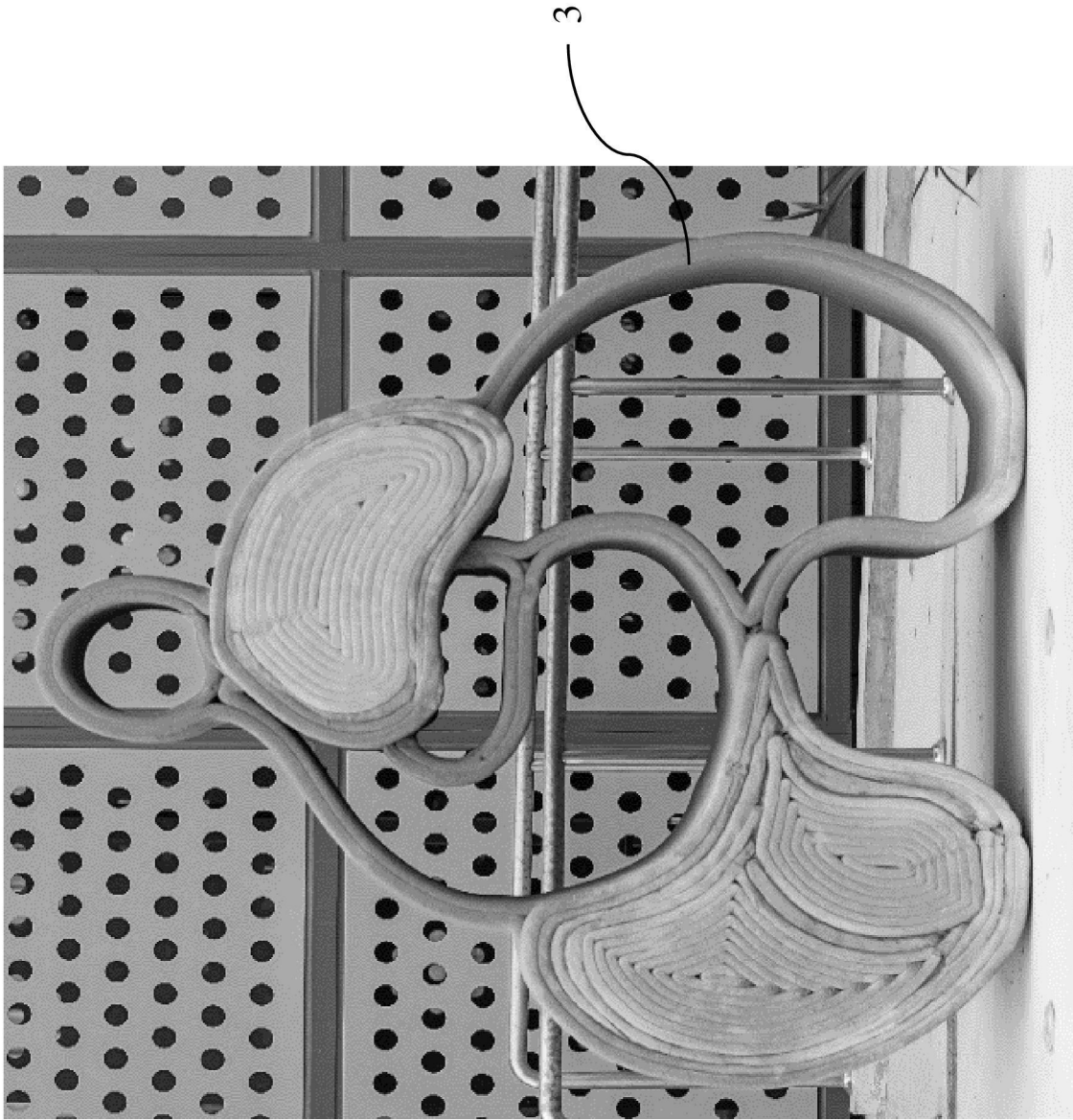
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】



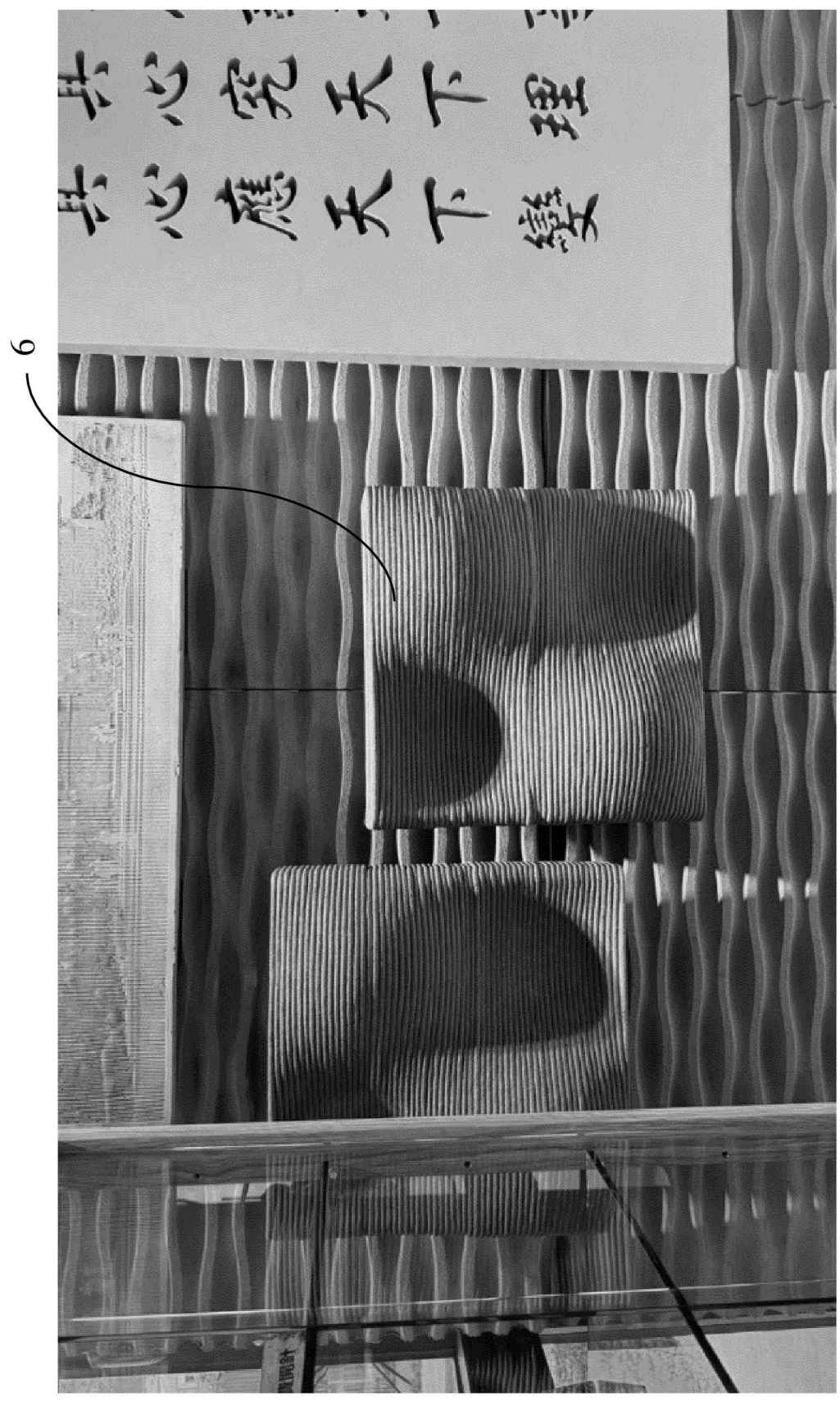
【圖6】



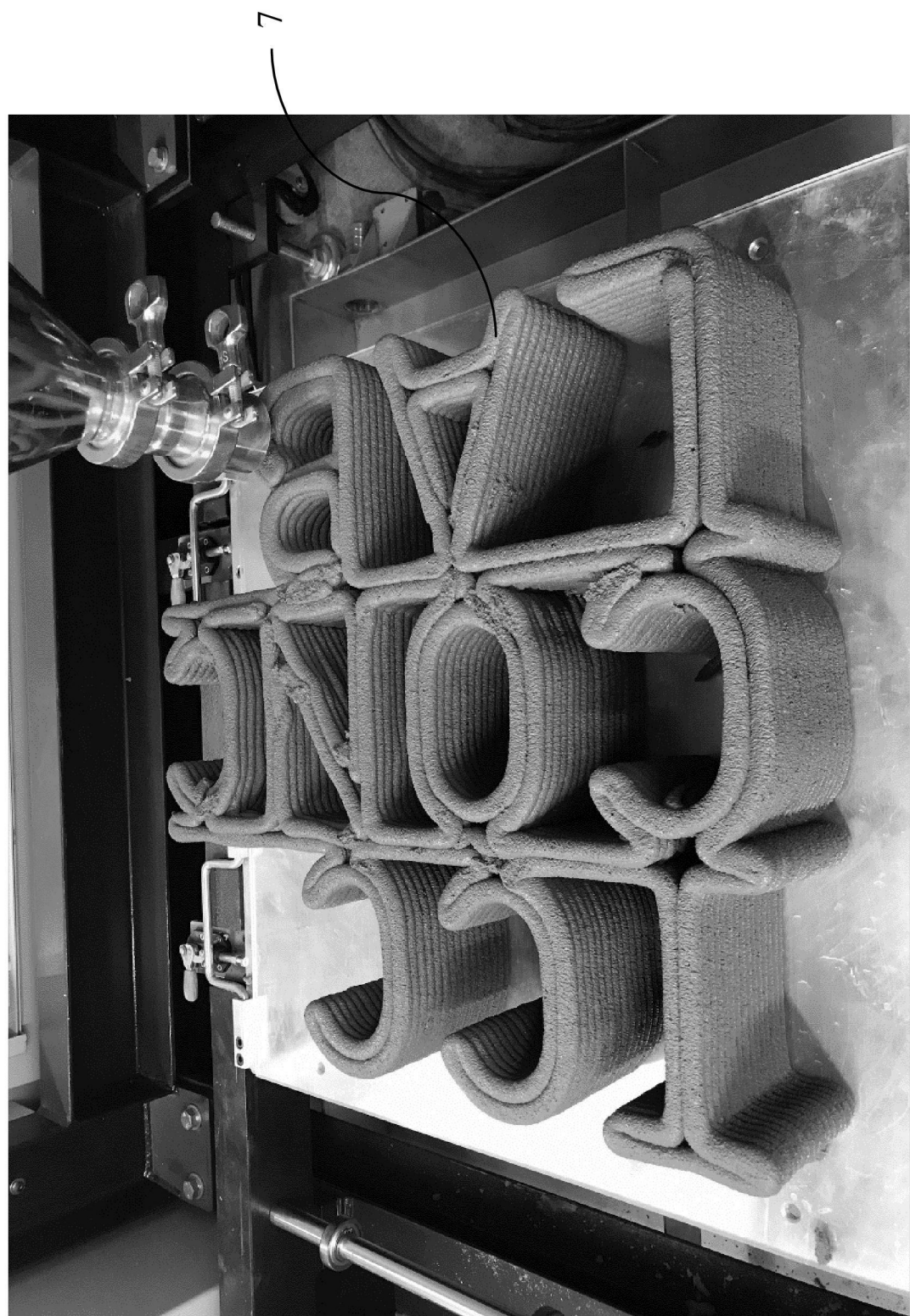
【圖7】



【圖8】



【圖9】



【圖10】



【圖11】