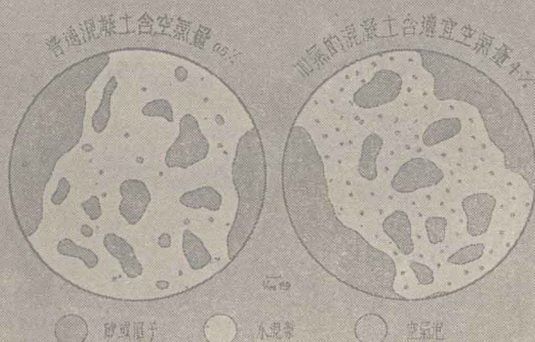


加氣水泥資料選譯

加氣水泥的功效



加氣劑在混凝土中

產生很多分佈均勻體積極小不相連通的氣泡

這種特有氣泡產生三種作用

消納各種廢料量
有害液體不易侵入
相易性均勻性都好

因此加氣混凝土具有下列特性

中央重工業部華北客業公司研究所

技術報道之三(再版本)

一九五一年一月

華北窯業公司研究所技術報道編目

- 一. 冷天如何做混凝土 1949年9月初版
1949年11月再版
- 二. 加氣水泥說明書 1950年3月出版
- 三. 加氣水泥資料選譯 1950年4月印
1951年1月再版
- 四. 氯化鈣快硬防凍劑 1950年6月出版
- 五. 水泥防潮須知 1950年8月出版
(附長城牌水泥物理性，化學分析及混凝土試驗記錄)
- 六. 混凝土的滲透問題 1950年9月出版
- 七. 怎樣做好混凝土工程？ 1950年10月出版
塘沽新港做混凝土的經驗
(附長城牌水泥物理性，化學分析及混凝土試驗記錄)
- 八. 介紹軟練法試驗水泥強度 1950年11月出版

本書酌收印刷費2500元，各界需要者可向北京新華，大東，三聯書店購買，或逕函北京崇文門外上堂子胡同旋馬下灣二號本所洽購。

目 錄

(一) 使用加氣劑製造耐久混凝土的方法、

經驗、與試驗工作

(二) 加氣混凝土總結

(三) 蘇聯泡沫混凝土

(四) 加氣混凝土空氣量簡易測定法

(五) 加氣水泥文獻目錄

使用加氣劑製造耐久混凝土的方法、經驗與試驗工作

節譯 Practices, Experiences, and Tests with Air-entraining Agents in Making Durable Concrete by R. F. Blanks, W. L. Cordon. American Concrete Institute Journal, February, 1949.

一. 加氣劑使用於混凝土工程

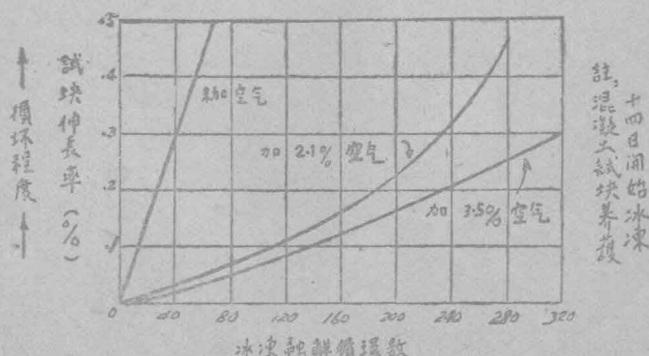
自一九三八年後，加氣劑大量應用於混凝土工程，如公路、閘壩、房屋建築工程等，結果都很滿意。尤以冬季冰凍地區為然。此外對於乾濕冷熱變化的損壞力的抵抗亦強，現在美國建造中的最大混凝土壩——俄馬大壩——體積三百萬公方，正在用加氣混凝土施工。

二. 使用加氣劑的特點：

甲. 耐久性

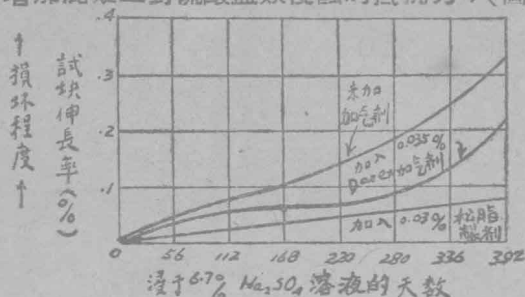
(1) 由實地施工及研究試驗的結果，證明加氣劑可以；

- 增加混凝土對風化的抵抗力；
- 增加混凝土對冰凍與融解循環作用所發生破壞的抵抗力；（圖一）



圖一 加氣劑大大增加凍融循環的抵抗力

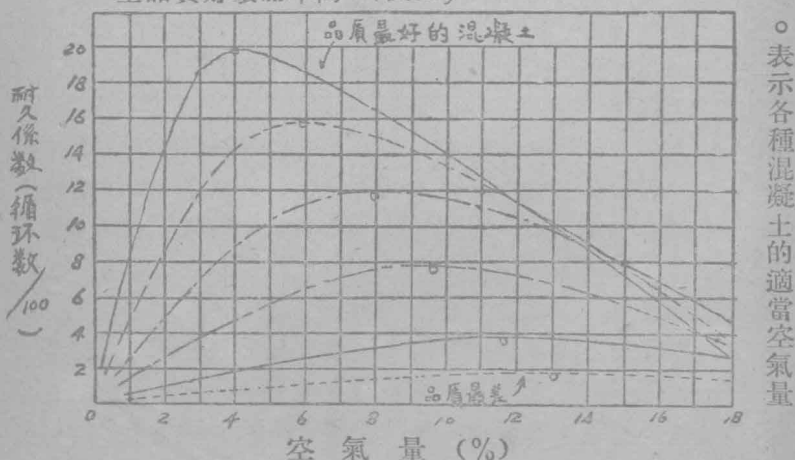
C. 增加混凝土對硫酸鹽類侵蝕的抵抗力；(圖二)



圖二 加氣劑增加碱類侵蝕的抵抗力量

D. 減少混凝土公路路面因解凍酒用氯化鈣所發生的脫皮剝落現象。

- (2) 凡加入適量空氣的混凝土，其耐久性較普通混凝土平均約增四倍。
- (3) 空氣量適宜與否，應以混凝土的品質為依據。品質好的混凝土，適當空氣量的數值小，品質差的混凝土，適當空氣量的數值大。所以最好空氣量（指耐久性講）隨混凝土品質好壞而不同。（圖三）



圖三 適當空氣量隨混凝土品質而變

- (4) 空氣量增進耐久性的理論，最合理最普遍公認的解釋為許多微小、分散、不相連結的空氣泡，形成了緩衝式海棉狀的空間，消滅混凝土的各種損害力量。

乙. 透水性

- (1) 增加空氣量並不增加混凝土的透水性。相反地，加氣混凝土乾燥後增加對滲水的抵抗力及減少吸水性。

(2) 原因

- A. 分散的空氣細胞，破壞毛細管的引徑。
- B. 加氣混凝土和易性好，施工方便，因此均勻度就好，也改善了整個建築物的不透水性。

丙. 和易性

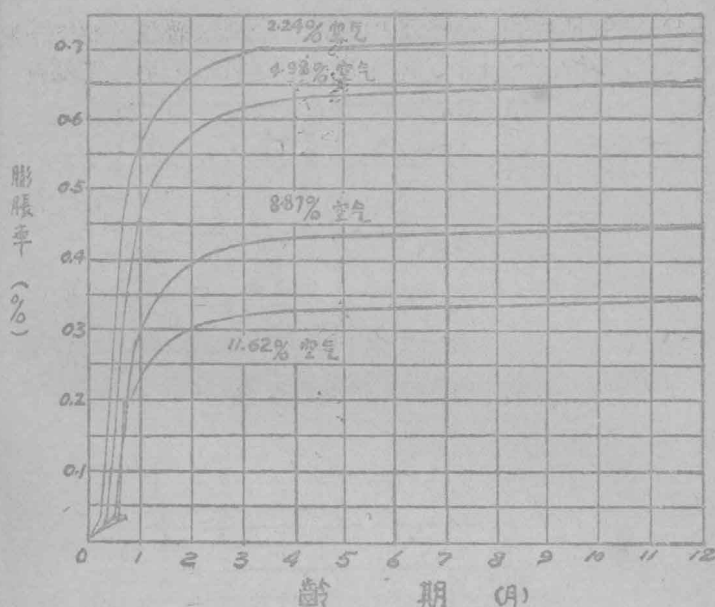
- (1) 大大增加混凝土的和易性。
- (2) 得採用表面較粗及級配較差的粗粒料，因此材料問題容易解決並且經濟。
- (3) 減少析水現象 (Bleeding) 提早並便利抹面 (Finish) 的工作。
- (4) 便利混凝土的澆置與一切施工手續。

丁. 鹼性膨脹

水泥或水中所含鹼類過多，倘使再遇到含有特殊成份的粒料，便會發生化學作用，引起混凝土的膨脹。加氣混凝土可減少這種膨脹，但不可能完全消滅，必須採取其他補救辦法。(圖四)

戊. 工料節省

- (1) 節省施工時間：如運輸、澆置、搗實、抹面、修理等，所節省的，超過加氣劑的價格不下數十倍。
- (2) 材料經濟：空氣泡所佔的體積，便表示節省下來的材料。
 - A. 每增空氣量百分之一，可減少和水量百分之二至四。



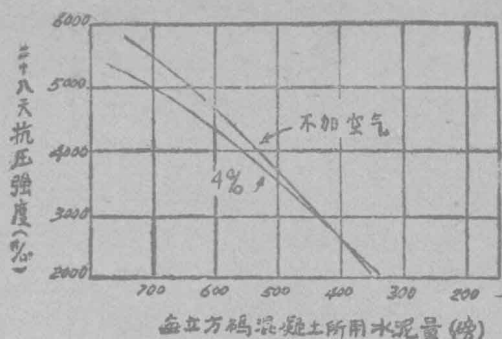
圖四 加氣劑減輕碱性膨脹

B. 在一定“水灰比”之下，水泥用量可比例地減少而不致影響沉落度。和易性且稍見增加。耐久性有很大改進。僅強度稍降。

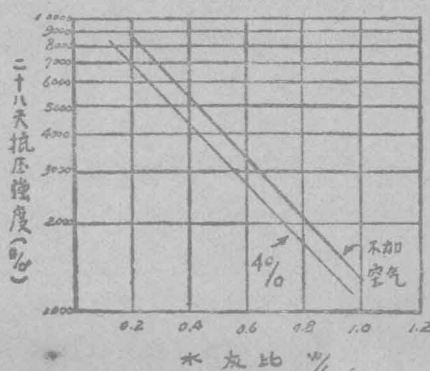
(3) 降低混凝土溫度：由于水泥量的減少，可以減低水泥與水作用的發熱量。在大體積建築中降低混凝土溫度，可以減少很多冷卻混凝土的手續和工費。

己. 強度(圖五六七)

- (1) 加氣混凝土的強度稍見減低。但亦有因使用加氣劑的不同，強度反行增加者。
- (2) 1:3時最大粗粒及固定的水灰比百分之一的空氣量，減低強度約百分之四至六。但超過百分之四時，強度之減低頗速。



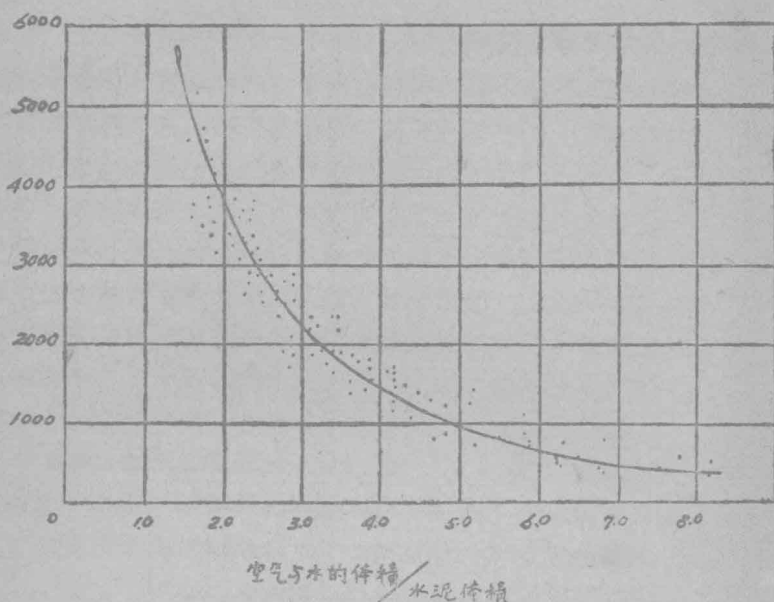
圖五 加氣混凝土強度的減低情形因水泥量而異



圖六 加氣劑減低混凝土強度

- (3) 如強度在七天齡期減少百分之十，則在二十八天及三百六十五天齡期均減少約百分之十。也就是說各種齡期下，加氣混凝土強度因空氣量增加而減少的百分率，不隨齡期而變。

二十八天抗压强度 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)



圖七 加氣混凝土強度隨空隙與水泥的體積比而變

庚·耐摩性

隨強度之變化而增減。

辛·輕量混凝土

輕量混凝土所用的輕量粒料在施工中易與水泥漿分離，工作十分不便，必須加入大量細砂，但因此增加混凝土的重量，和減低它的隔音絕熱作用。如用加氣劑則可：

- (1) 改善和易性；
- (2) 減免分離現象；
- (3) 減輕重量；
- (4) 增進隔音絕熱作用。

壬. 大型混凝土建築

加氣水泥使用在大體積混凝土中亦頗適宜。優點除耐久性增加外，並可增加和易性及節省工料。在大體積建築物中，尤因水泥量可以大大減少，發熱量也跟着減低，因此，因冷縮而開裂的現象也可減少。所以不久的將來，各大建築和重要混凝土工程將會普遍採用加氣水泥。在大體積重力水壩內部，混凝土所需強度很小，主要在於不透水和重量兩方面，祇要施工無困難，水泥量是可以儘量減少的。用了加氣水泥，和易性與不透水性得到了解決，所以此後大體積建築物內部，可以用每公方二袋（100公斤）水泥的最經濟混凝土（用6'大粒料）。此種貧混凝土（lean mix）含了適量空氣，強度比不含氣的反見增加，這大致是由于和水量的減少，勻整性的改善，以及粒料粒子下面存留水泡或空隙的分散與變小等原因所致。

三. 使用加氣水泥的經驗

甲. 在唧筒澆置中，如混凝土和易性原來就很好，加入加氣劑後，略減運輸速度。因活塞後退時，受壓空氣泡有使混凝土向後流動的趨勢。惟如混凝土和易性本不很好，用了加氣水泥，則可增進唧筒效率，砂量亦可酌減。所減之數約為普通澆置之半，即每百分之一空氣量在普通澆置可減砂量百分之一，則唧筒澆置，祇應減百分之〇.五。

乙. 運輸與澆置

加氣混凝土減少在運輸與澆置過程中石子和砂漿的分離現象：

- (1) 拌合成的加氣混凝土可用汽車運十五英里極少分離現象。
- (2) 不同的澆置方法和採用震搗法，可能減低空氣量三分之一，但必需的震搗與耙打工作不可因減低空氣量而減少

。我們要控制的空氣量，乃是受過這些處理的混凝土的最後空氣量，也就是最後入模定型的混凝土，應含有最適宜的空氣量。

丙. 粒料的配合

- (1) 關於現用粒料級配的規格，在加氣混凝土中尚無變更的必要。但因為細砂較多時，可減低空氣量，所以有人主張寧可較多用粗砂。
- (2) 粒料級配較差的地方，用加氣混凝土可收補救之效。
- (3) 目前還不宜遽爾放寬級配的規格，尚待多多試驗研究。

丁. 適宜的空氣量

混凝土中所含氣泡多在砂漿內，大石子愈大或愈多，砂漿所佔百分比便愈少，因此含大石子的混凝土比含小石子的應有較少的空氣量。

- (1) 空氣量超過百分之六，則
 - A. 耐久性不能按比例增加，強度則與空氣量成反比。
 - B. 雖然水量減低，乾縮開裂現象反增（不超過百分之六無此現象）。
 - C. 靠近模板的氣泡常留下較多的空隙。
- (2) 空氣量在百分之二以內，凍融循環的抵抗力便大為減弱。

戊. 影響空氣量的因素

- (1) 一般的空氣量是隨加氣劑量而增加，空氣量有時可高達百分之三十；但也有因加氣劑的種類不同，劑量超過一定限度後，空氣量反減少。
- (2) 其他因素
 - A. 在一定的加氣劑量下，沉落度大，加氣量亦大。
 - B. 細砂的過量，水泥量的增加，及另加火山灰細料等，

均能減低空氣量。

- C. 配製混凝土時溫度高，則空氣量減低，如夏天空氣量較春秋兩季為低。
- D. 拌和時間延長能減低空氣量。
- E. 粗粒料中最大粒之增加能減低空氣量。
- F. 砂在粒料總重(砂+石子)中所佔百分數愈大，空氣量也愈大。

四. 加氣劑

甲. 加氣劑可分三類

- (1) 天然松香及松香所製的肥皂。
- (2) 動植物油或脂及其油脂酸與肥皂。
- (3) 磺酸及硫酸的有機鹼性鹽類。

乙. 目前普通所用加氣劑

(1) 美國文沙松脂劑 (Vinsol Resin)

- A. 來源：用煤焦炭氫化合物溶提松木而得一種不溶於石油類炭氫化合物的物質。
- B. 性質：粉狀固體，不溶解於水內，溶解於燒碱溶液內。

(2) 美國大列劑 (Darex)

- A. 為 Triethanolamine Salt of a sulphonated hydrocarbon.
- B. 液體狀態

- (3) 除上述兩種加氣劑外，目前美國市上出現許多新加氣劑。此種加氣劑必定具有兩種特點： 1. 減低混凝土強度最少。 2. 減低混凝土和水量最多。

將來一定會有更好的加氣劑，由加氣的，減少表面張力的快硬的，幾種化學劑配合而成。

丙. 加氣劑性能的檢定

美國材料試驗會C9公佈標準試驗方法，用以檢定加氣劑性能：

- (1) 析水試驗：不大於同樣配合的普通混凝土析水率的百分之六十五。
- (2) 抗壓強度試驗：三天、七天、二十八天、九十天、及三百六十五天齡期的強度不得低於同樣配合的普通混凝土的抗壓強度百分之九十。
- (3) 抗凍性：經過二百次凍融循環後，性能應不低於核准應用的加氣劑的百分之八十。
- (4) 抗彎強度與抗壓強度規定相同。
- (5) 鋼筋黏結力二十八天齡不低於同樣配合的普通混凝土的百分之九十。
- (6) 長度變化不大於同樣配合的普通混凝土同齡期伸長率的百分之一百十。

五. 加氣水泥

甲. 加入加氣劑的方法有二：

- (1) 在製造水泥時加氣劑與石膏同時加入熟料，共行研磨，製成加氣水泥。
- (2) 在製造混凝土時，將加氣劑加入拌和水中同行拌和。

乙. 兩種方法的比較

- (1) 採用加氣水泥製造混凝土時，如混合時間太促，不易使所有加氣劑，全部溶於水中，而充分發揮加氣作用。所以加氣水泥拌和混凝土時混和的時間愈久，空氣量愈多，有時超過預定的百分數值，尤以使用輸送拌和機時更感困難。惟現用的文沙劑在製造加氣水泥前已先行中和，所以沒有此種弊病。

- (2) 採用第二種加氣方法，因加氣劑先溶於水，故一經拌和立即發生所需的空氣量。若工地無測定空氣量的人員和設備，則直接用加氣水泥為佳。

六. 空氣量之測定

甲. 三種方法

- (1) 重量法：美國材料試驗法規 C. 138—44 應用混凝土理論單位重與實測單位重的比較。
- (2) 壓力法：應用玻義耳定義的壓力與體積關係。市售空氣測定儀可直接採用。
- (3) 容量法：應用水或別種溶液代出混凝土內所含空氣量。

乙. 方法的比較

- (1) 重量法需不時覆驗粒料的比重及各種用料的水份，故比較繁瑣。
- (3) 容量法：較不可靠，問題在空氣之是否能全部代出。

丙. 最好同時採用重量法與壓力法

如果空氣測定儀的容器大小適合測定單位重之用，兩法便可合用一器。如果兩法測定的結果不符，便可判斷或係混凝土配合設計的錯誤，或係粒料的比重等物理試驗不準確，或係用料重量的錯誤。所以壓力法和重量法同時作，除了正確測定空氣量以外，還兼有校驗混凝土工場管制的作

七. 結論

混凝土加氣後的優點，遠超過其缺點。

甲. 採用加氣水泥的優點

- (1) 大大增加耐久性
- (2) 增加和易性

- (3) 節省用料與時間
- (4) 減少毛細管水的通過(透水性)
- (5) 減低混凝土溫度的上升
- (6) 增加水泥少的混凝土的強度
- (7) 減少析水
- (8) 減少分離現象
- (9) 減少鹼性膨脹現象
- (10) 可用級配較遜的粒料

乙. 採用加氣水泥的缺點

有下列五點，但祇有強度減低是較重要的

- (1) 稍增乾縮現象
- (2) 減低用水泥多的混凝土的強度
- (3) 耐摩性隨強度降低
- (4) 可能略減混凝土與鋼筋的粘結力及新舊混凝土間的結合力量(尙待試驗證明)
- (5) 略增工場控制的手續

丙. 關於加氣水泥的知識尙待研究補充者有：

- (1) 水泥少的混凝土的透水性
- (2) 混凝土與鋼筋的粘結力
- (3) 放寬粒料的適用條件，如粒料的物理性及級配的限制可能放寬
- (4) 改進混凝土的其他性質尙需研究和發現

加氣劑已有如許成就，但將來加氣劑的改進，混凝土性能的進步，都是可以預測的。再加上施工方面的進步，混凝土建築物的壽命必可大大延長。

加氣混凝土總結

摘譯美國混凝土學會1949年年會論文 “What Have We Learned about Air-entraining Concrete” by J. F. Barbee, Eng'r. Ohio Dep't. of Highway

提要：本文總結各種已刊有關加氣水泥和加氣混凝土文獻，內容包括管制方法、耐久性、和易性、強度、耐摩性、以及加氣混凝土其他性能；並述及水泥用量、加水量、砂率、拌和時間、快硬劑等對於加氣混凝土的影響以及加氣混凝土澆搗抹面等施工方法的改進問題。

一. 序言 加氣混凝土是近年混凝土工程中的一大特色。在普通混凝土中，加進空氣，結果可改善和易性，使澆搗工作更容易；增加耐久性，使抵抗嚴寒冰凍和化學侵蝕更有效；這些效能都是工程界長久期待的。建築物的壽命，因此大為提高，保護修理費用因此大為減低。

混凝土加進空氣的方法有二：（1）直接使用加氣水泥—加氣劑在水泥製造時和熟料適量均勻地混合。（2）在拌和混凝土時加入適量加氣劑。總之，加氣混凝土是在普通混凝土的四種成分外加入第五種成分—加氣劑—所做成的。最好的加氣劑在混凝土中發生氣泡，應該不是和水泥起化學作用的結果。這些微小而不相連的氣泡在混凝土中像機器軸承裏的滾珠一樣產生潤滑作用，這種潤滑作用和加氣劑的用量、種類、砂的級配、形性、和拌和的方法與時間有關，加進空氣可以減低水量和砂量。在一定水灰比下，加氣混凝土比普通混凝土的和易性、耐久性、勻整性都好，透水性小，但強度也略減。

本文是將美國混凝土學會刊物所載有關於加氣水泥和加氣混凝土的論文52篇（截至1948年4月止）總結而成，使讀者用者對此新品容易獲得全盤觀念，（按加氣水泥尚無專書，美國在此方面的專文幾乎全部在混凝土學會刊物上發表，請閱參攷文獻）

二. 加氣劑、天然樹脂、（如松脂）動物性脂、植物性脂、油脂酸、脂酸，水溶性脂酸皂，各種減低表面張力的化學劑等都會經用作加氣劑，至今用得最普遍的是文沙劑（Vinsol resin）和大列劑（Darex）二種，因此他們的記錄最多。本文所採用的資料也是以這兩種為主。美國的加氣水泥多半是用文沙劑加入磨製而成。因為避免與水泥發生化學作用，所以必需用中和後的文沙劑。劑量要符合 A. S. T. M. 加氣砂漿的空氣量規格，以及能在每立方碼用水泥 4.5—6.5 袋的混凝土中產生合適的空氣量。許多人主張直接在工地加入加氣劑，可以隨時調整劑量，免受砂的級配、拌和、沉落度等變化所引起的影響，可以保證最好的空氣量和發揮加氣混凝土最好的性能。

三. 最好空氣量 無數次試驗說明加氣混凝土中的空氣量是隨下面許多因素而變的：粒料形性與級配，水泥用量及性能，混凝土的稠度，拌和方法與時間，加氣劑種類與用量等。空氣量隨砂率和沉落度增加而增加，又隨着水泥量的增加而減少。

在普通混凝土中，通常也總會有 1% 左右的空氣（有時可能多到 2.7%）。凡空氣量達 5% 的混凝土，耐久性便有顯著的增加。在一般施工中，因為材料來源、配合比例、和拌和工作都很少變更，所以掌握加氣劑量是管制最好空氣量的有效方法。