報 文

空氣連行コンクリートについて

工学博士 藤 井 光 藏*

ON THE AIR-ENTRAINED CONCRETE

(JSCE Feb. 1950)

Dr. Eng. Kozo Fujii

Synopsis This is to outline the story how the air entrained concrete was deviced; kind of air entrained concrete structures and their utilization; effect and functions of the entrained air; factors governing those functions and suitability of the cement-void ratio theory of Prof. Talbot; measuring method of amount of the entrained air; use of the air-entrained concrete, etc. Figures in this acticles are expressed on foot-pound measure.

要 旨 空氣連行コンクリート発見の由來，連行材の種類と用法，連行空氣の効果と作用，これ等に影響する諸因子と Talbot 教授のセメント空間比説の適否，連行空氣量の測定法，空氣連行コンクリートの用途等につき概要を述べる。尙ほ数字は凡て米國度量衡單位が用いてある。

I 空氣連行コンクリート

コンクリートがセメント，砂，砂利，水の4成分から成るという考え方は最早時代後れで，或條件の下に調節されたる量の空氣が，重要なる第5成分と考えらるゝに至つた。普通のコンクリートには必ず少量（約1%）の空氣が潜入しているが，氣泡の量，大さ，分布等は，調整空氣とは凡そ縁遠いものである。斯く計画的に入れられたる調整空氣を連行空氣（Entrained Air）と云い，强力なる起泡力を有する空氣連行材（Air-Entraining Agent, AEA, 独 Porenbildner）をセメント クリンカーに加へ，一所に粉粹したるセメントを空氣連行セメント，それを用いたるコンクリートを空氣連行コンクリートと称するのである。この発明の由來を尋ねると，米國北部の嚴寒地帶の各州又はカナダでは，道路舗裝が凍結して，自動車の疾走に危險甚しく，種々の滑走防止法が講ぜられた。中にも塩化石灰又は岩塩の撒布法は有効ではあるが，あとに舗裝面の剝離現象が起る欠点がある。1935 年米國ポルトランドセメント協会は，道路舗裝用コンクリートの基本的研究に着手し，既設のコンクリート舗裝で健全のもの，即ち凍結融解作用に抵抗性のものは，相当量の空氣泡を含んでいることを発見した。それより少量の樹脂又は脂肪を含むセメント，コンクリートの研究が始り，これが実地に應用されて，遂に今日の発展を見るに至つたのである。

II 空氣連行材

連行材は樹脂，脂肪又はその塩類（石鹼）等多種類に亙つているが，米國 A. S. T. M 空氣連行セメント暫定規格（C175—47T）に公認されているものは，ヴインソール樹脂（Vinsol resin), Darex AEA, Poz-zolith（109—B）の3種である。

ヴインソール樹脂　主成分は松樹より抽出せるウッドタール炭化水素の石油炭化水素に不溶解の部分で，暗褐色，溶融点 235—240°F，石油溶剤に僅に溶解し，アルコール，ケトンエステルにはよく溶解する。用法はセメント1分に樹脂酸曹達 0.01% 余（ヴインソール樹脂 100分を NaOH9～15 分にて処理せるもの）の割合となるようクリンカと混碎して空氣連行セメントを造る。又中和ヴンソール液 NVX として，コンクリート練りの直前にミキサーに添和する方法がある。この方法は，先づ NaOH15，水 60 にて NaOH20% 液を作りおく。次にこの 20% 液 5分を水 400 分（100°F）以下にて薄め，これに樹脂 100 分を加え靜に攪拌して，更に NaOH20%液 70 分を加え，全部の樹脂を溶解するとこれにて中和ヴイソール樹脂 20% 液が出來上る。これを適当に薄めて（樹脂 10g，水 990 c.c. 位の割）ミキサーに添和するのであるが，普通用量はセメントに対し樹脂 0.015% 見当である。試驗調合の場合に最大骨材 $1^1/_2$in の時，コンクリート $1yd^3$ につきヴインソール粉25g（米國セメント1袋 94lb つき約$4^1/_2$g）を入れると大体連行空氣量 3～5% が得られる。

Darex AEA　ズルフオン化炭化水素の Tri-ethanolamine 塩を主成分とする水溶性の暗褐色中性液で，76°F の時の1ガロンの重量 8.7lb，30°F で凍

* 日本セメント技術協会会長

結するが害はない。コンクリート練りの時，練り水に混じて用いる規定最大量は，ポルトランド セメントには 0.05%，高炉セメントには 0.08%，試驗調合の場合に最大骨材1½in の時にコンクリート 1 yd³ につき，Darex 液 220c.c.即ちセメント 1 袋につき 40c.c 或は 1⅓ オンスを入れると，約 3～5%の空氣量が得られる。

Pozzolith 主成内は Dimethyl-ditetrapentane diol (Ca-lignosulphate, $CaCl_2$，低炭微粉炭灰の混合粉末）で，0.03%迄の添和が許されている。発賣の年月は未だ浅い。

何れの空氣連行材を用うる時にも，現場調合で適良の添和量が定まれば，稀釈溶液の濃度は，1 練り中のコスクリート毎 1 yd³ に対する溶液の量は，2～3 クォート（1 クォートは ¼ ガロン或は 1.14l）位のものを可とする。又水セメント比（W/C）を計算する時には，溶液は水の 1 部として計算する。尙ほ大規模のコンクリート工事には，溶液は凡て自動式計量裝置（Proportioner）により簡單且つ正確に添和され小規模の作業には手動計器が用いられる。

空氣連行セメントを用うるか又は連行材をミキサーに添和するか，何れの方法を採るべきかは，大体次の標準により定まる。

(1) 空氣連行セメントを用うる場合

a. コンクリート既成品（Precast units）の如き小容量のもの。

b. モルタル空氣試驗法（Burmeister Trough Test）による空氣量 15% 又はそれ以上の指定量を，連続してムラなしに抱含せしめんとする時。

c. 使用セメントが同一工場品のみに限らるゝか，又は商標を異にする空氣連行セメントが，異れる貯藏槽に各別に貯藏せらるゝ場合。

d. 整粒砂中 No.50 篩の通過分 15% 以上を含む時

(2) 第 1 型セメントを用い空氣連行材をミキサーに添和する場合

a. 商標の異なるセメントを用うる時。

b. 整粒砂が No.50 篩の通過分 10～15% を含む時この時には正確なる調整を要する。

c. 強度促進材と空氣連行とを併用する時（セメント量に対し塩化石灰 2%の添和は，セメント型式Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴの何れたるとを問はず，空氣量 3～5%のものに対して，有效に作用すと云はれている）。

d. 連行材と塩化石灰とを併用して，早强コンクリートを造る時（但し米國開発局の工事には，寒冷期に於ても，施工期間の短縮又は解永目的の塩化石灰の使用は禁止している）。

Ⅱ 連行空氣の效果一般

連行空氣はコンクリート中に均齊に分布されたる幾百万の顯微鏡的極微細泡（径 0.2～0.02mm）で，これを 3～5%（容量）含むと，コンクリートの外観は膏状を呈し，その性狀は著しく変化して來る即ち

1) コンクリートは凍結融解の反覆作用に対し抵抗性を増す。

2) 耐硫酸塩セメント（米國Ⅴ型）を用うる場合に硫酸アルカリに対する抵抗性が改善される。

3) 同じスランプなれば，セメント，砂，水を相当減じてもウォーカビリチーは増す，即ち多くの場合にスランプを減ずることが出來る。

4) 振動詰の場合に振動数を減じ，過振動の危險を減ずる。

5) 水の滲出（Bleeding，セメントの水和結晶化合物の緩かなる生成による未化合水の浮上現象），レータンス（水の浮上に伴うセメント微粉）及びセグレゲーションは著しく減ずる。

6) 骨材の最大の大きさをなほ若干増すことが出來る

7) 仕上げ作業が捗取り，手数は減じ，時間は節約される。

8) 全般的に見て，水セメント比同じなれば，コンクリートの性質は高級となり，セメント量は減ずる。然し强度と彈性係数は減ずる。

1)2)の效果は長期的のものであるが，3) 以下の効果はコンクリート打ちの現場で直覚することが出來る。只問題となるのは空氣量の増加に伴う圧縮强度の低下であるが，これは砂量と水を減少すれば償うことが出來る。尙ほ以上の諸性狀の外に，温度上昇，收縮，アルカリ骨材反應の減少にも役立つことが明にされている。

以上の特色に対し以前には盲目的に又は自已擁護の立場から種々の反対說が行はれていた。例を挙げると，

(1) 圧縮强度減退の非難 これは空氣による増容量分丈け，砂量と水を減すれば調整出來る。併しこの場合貧配合には殆んど强度の低下を見ないが，富配合には若干の減退を免れない。

(2) 鉄筋とのボンド强度の減少論 これは 10% 以下のものであるが，ボンド强度の均一性が確保される。

(3) コンクリートの密度（Density）の減少論 この場合の密度とは高不透水性を意味しているが，実際的には球狀の空氣泡は骨材の作用をなし，硬化コンクリート中に生ずる水路（チャンネル）の生成を防止するから，この不安は除かれる。只注意すべきは連行空氣は耐久性ウォーカビリチーに対しては特効藥であるが，一般に対する萬能藥ではなく拙劣なる設計，不注意な

る施工，放漫なる監督には何等效果を及ぼすものではない。

Ⅳ　連行空氣の作用

米國では氣泡の作用を物理的のものと解釈し，次の如く定義している。

コンクリートに於ける空氣連行(Air Entrainment)とは，數百万の独立無連絡の空氣細泡が，細粗骨材間に均齊に分布されたるもので，この細泡は肉眼には見えず，恰も小ボールベアリングの如き作用をなし，この爲めセメントは懸吊され，骨材はコンクリート打の時に自由に滑轉することが出來る。

斯る作用により，コンクリートは，潤滑化し塑性化して，水を減ずるもスランプは変らず，滲出は減じ，打込みは容易となり，豆板砂條は残らず，早く硬化し早く仕上げることが出來ることになる。(從來はコンクリート調合物中の高度の摩擦を減ずる爲めには，セメント及び水を過量に使用して，必要なる塑性を得る方法が採られていたが，過量のセメントの使用は，經費の外にコンクリートに惡果を來し，過量の水は，强度，凝集力，耐久性に甚しく惡影響を及ぼすことは周知の通りである。然るに無代價の空氣がこれ等諸性質に驚くべき有効資源となり，獨立せる細氣泡は砂，殊に，No.30～100 篩間程度の細砂に特別の潤滑性を與え，砂，砂利の均齊の分布も樂に行はれ，コンクリートはより良く混合され，不熟練なる打方にてもセグレゲーションの危險は少くなり，從て打設費仕上費等も節約されることになるのである。) 耐久性の增加する理由は，氣泡により緊密に連絡せる空隙又は水路（チヤンネル）の生成が妨げらるゝ結果，吸水性は減じ，たとへ毛細管に吸水するも，その凍結による容積の膨脹は，彈性ある氣泡により緩和されて，組織の破壞を防ぐことが出來るからである。只懸念さることは，この氣泡が永年の後にセメントの水和化合物等により充塡さるゝことなきやの点にあるが50余年前に造られたる道路で，今尙ほ健全なるものを試驗したる結果，6%の氣泡を含んでいることが発見されたことから見ると，氣泡の壽命は先づ永久のものと考えられるのである。

以上は米國側の物理的作用としての氣泡に対する見解であるが，独逸の学者は氣泡によるウオカビリチーの改善の本能につき異說を唱え。これは水とセメント又は水と骨材間の界面張力の減少，即ち使用水量の拡散減少が要因をなしているとして，米独間に議論の應酬が交されているが，今后追々明にされよう。尙ほ氣泡の大さ，グレーヂング，間隔等の影響，骨材に対する固有の性質，性狀等については未だ無智で，今后の研究に残されている問題である。

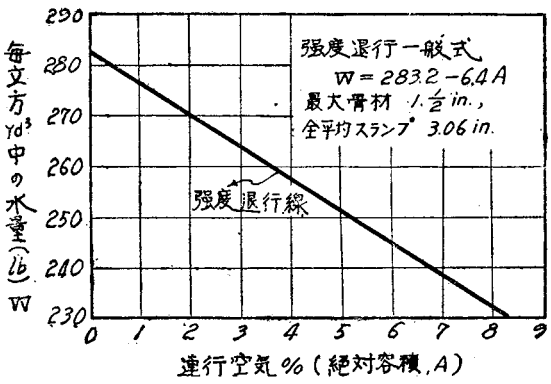
Ⅴ　連行空氣に影響する諸因子

連行空氣作用は，骨材，水量その他により影響を受け，從てコンクリートの性狀にも変化を及ぼして來る次に一般を挙示して見よう。

1) 稜角ある骨材（碎石類）は，丸味ある骨材（天然砂，砂利）よりも多量の空氣の連行が出來る。

2) コンクリート調合（平均品）に要する水量の節約は，丸味ある天然骨材にては，連行空氣 1%に対し，コンクリート毎 yd³ につき水約 6lbs，稜角ある骨材には同 8lbs 見当である。若し水セメント比を恒數 0.55と採れば，上記の骨材につき水量は夫々 11 lbs 及び 14.5 lbs となる圖—1は各種骨材4種及びセメント3種についての平均試驗成積である。スランプは1組6個は同じで，その試驗範囲は 1～5 in 全平均 3.06inである。

圖—1，連行空氣量と水量減少との關係
Fig.1 Relation between amount of entrained air and decrease of water amount.



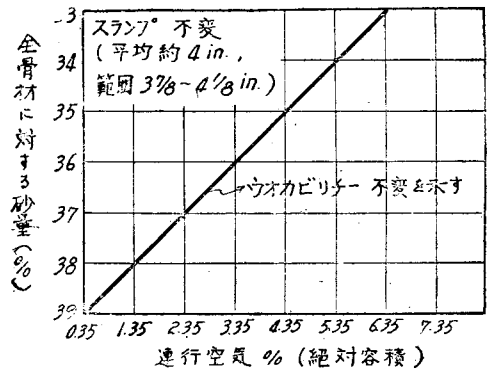
3) 空氣量 1%を增す毎に減少する水量は，水セメント比，スランプ，セメントの商標如何に係らず殆んど一定である。

4) 空氣量（最高 8%迄） 1%增す毎に，砂量（全骨材の重量に対し） 1%の減少は，ウオーカビリチー及びスランプに影響がない。又砂 1%毎の減少は，コンクリート 1yd³ につき，水量約 2.5 lbs 宛減少することが出來る。(圖—2)

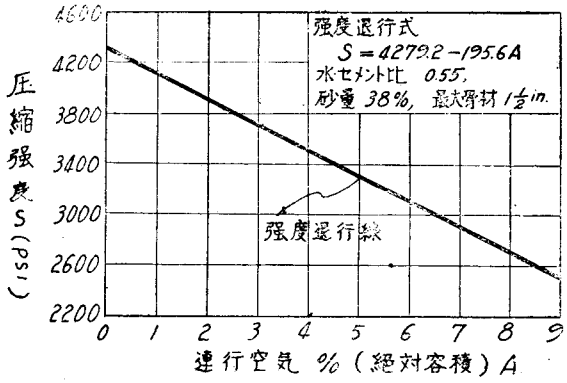
5) 同じ粒度の骨材で，水セメント比一定なれば，圧縮强度は空氣1%增毎に，約 200 psi 宛減ずる(圖—3) これは連行材にヴインソール樹脂を使用した場合で，若し强度促進材を併用の時は（例 Pozzolith）この價は変る。

6) 空氣量の增加に伴う强度減少の割合は，水セメント比を異にするも殆んど同じである（例 水比 0.65,

圖—2. 連行空氣增量と砂量減少との關係
Fig.2. Relation between increased amount of the entrained air and decrease in amount of sand.



圖—3 連行空氣量と强度との關係
Fig 3. Relation between amount of entrained air and strength.



0.55, 0.45の時も減退率は略同じ)。併しセメント量一定の時の强度の変化は，コンクリート調合物中のセメント量に影響される，即ち貧配合のコンクリートでは余り影響なく，富配合のものは空氣量1%增毎に約200psi減少する。

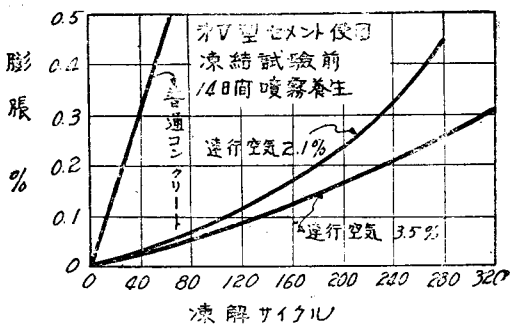
7) コンクリート(平均品)の彈性係數は，同じ水セメント比及び粒度の場合，空氣量毎%につき練立てのコンクリートでは，約105 000psi減少する。併しポアソン比は殆んど影響を受けない。

8) 耐久性の增加は(第V型セメント使用)，空氣量3.5%の時，凍解反覆試驗40~300サイクルの範囲では約750%增加する。(圖—4)

9) 與えられたる空氣量を得るための連行材の用量はセメントの商標により變化する。貧配合コンクリートには，富配合の時よりも少くて濟み，又コンクリートのスランプが增す割合に用量は增さない。

VI 空氣連行コンクリート調合設計に對するモルタル空隙法 (Mortar-voids method) の適否 *

圖—4 凍解試驗による膨脹
Fig 4. Swelling due to frost-disintegration test.



* 1923年米國イリノイ大学 A. N. Talbot 及び F. E. Richart 教授は，セメント空間比說 (Cement-space ratio) によるコンクリート調合物の設計法を提案したその要領は次の通りである。

コンクリートを造るに用いらるゝモルタル中の水及び空隙の量が判れば，出來上りコンクリートの空隙は計算出來る。この場合のセメント空間比はコンクリート强度の指數として用いることが出來る。若し充分量のモルタルが粗骨材の空隙を完全に充し，モルタルの空隙は即ちコンクリートの空隙を示すものと仮定すると，練立コンクリートの單位容積の組成は次式にて現はされる。

$a+b+c+v=1$，爰で a: コンクリート單位容積中の組骨材の絶対容積，b: 同粗骨材，c: 同セメント，v: 同空隙(水隙，空隙共) w: 同水隙

又 a_m, c_m, v_m を夫々練立モルタルの單位容積中の細骨材，セメント及び空隙の單位容積を示すものとするとモルタルの組成は $a_m+c_m+v_m=1$ となる。Talbot 教授の定義するセメント空隙比とは，$c/(v+c)$ の量を指し，これは正に $c_m/(v_m+c_m)$ に同じきものである。そこで細骨材とセメントの比 (a/c) を一定にして，水量 (w_m) を色々に變えて多數のモルタル試驗を行い。その中モルタルの最小容積を與うる水量を基準水量 (Basicwater content, BWC) とし，この水量のモルタルを粗骨に混ぜると最大密度のコンクリートが得らるる理である。併し斯る調合は乾き過ぎて多量のモルタルを追加しない限りウオカブルとはならない。その爲め水量を10%，20%，と適度に增してウオカブルとするのであるが，この訂正されたる水量を関係水量 (Relative water content, RWC) と名づけ，基準水量の110%，120%…にて示すのである。斯る方法により普通コンクリートに用いらるゝ水量の範囲で，異なる a/c

比（BWC 及び BWC の両方共）に対するモルタル空隙試験を多数行つて，a/c に対する w_m, c_m, w_m 及び $c/(v+c)$ 値を点綴すると，多数のモルタル空隙曲線の系列が得られるのである。

この曲線が空氣連行コンクリートの設計の基本に設立つや否やが問題であるが，イリノイ大学 T.H.Thornburn 助教授は研究の結果次の如く結論している(The Design of Concrete Mixes containing Entrained Air, ASTM. 1949 Reprint)。

(1) モルタル空隙曲線は，空氣連行コンクリート設計基本としては信頼出來ない。その理由はモルタル中の連行空氣量は，練り方，溫度，配合割合等種々の因子により変化するからである。尙ほ富配合モルタルに対し，設計目的に要する丈けの空氣量を連行せしむることは，今のところ不可能と見られる。

(2) 普通舗裝道路に用いらるゝコンクリートの強度範囲では，與えられたる材令の強度とセメント空間比とは，明らかに直線回帰の関係にある。この高度の相関係は，調合物中の空隙が全部水にて充さる時も，或は一部水，一部空氣には充さるゝ時も同じである。

(3) 連行空氣の任意量を抱含する理論モルタル空隙曲線を作ることは可能である。そしてこの理論曲線は所定強度の調合物を作るに要するコンクリート材料の正しき調合割合を決定するに役立つものである。（この場合，モルタル中の連行空氣量は，理論曲線を作る時の仮定空氣量に相当するものとする。）

(4) このセメント空間法が空氣連行セメントを用うるコンクリートに應用出來るか否かは尙ほ不明である併し理論曲線は連行材を含まざるセメントの基本データから作製し得る可能性はある。

現況から見ると，これ迄慣用のコンクリート配合法は空氣連行コンクリートには何れも当嵌らない。そこで多くは実驗調合により見当をつける方法を採用しているが，モルタル空隙法もその信頼性に不充分の点があるとすれば，今后これを修正したる新設計法則の確立が望まるゝ次第である。

Ⅶ　練立コンクリート中の空氣量測定法

練立コンクリート中の空氣測定法は，多数提案され又実行されているが，大別して次の3法に分けられる

(1) 重量法（ASTM C138—44）

(2) 容量法（ASTM C173—42T）

(3) 圧力法（圧力を加えて，空氣容積の変化測定）

(2) は直接測定法，(1)(3)は間接法であるが何れの方法にも利，不利がある。本來連行空氣量は3％以下は凍解作用に效果乏しく，5％以上は強度に不当の減退を來す。そして測定誤差は 10～15％ 即ち空氣量 0.4～0.6％ の範囲たるを要する。從て測定法は充分精密で，再現性あることが要求されるのである。以下各法の得失比較を示すと，

(1) 重量法の利点は，実驗室又は現場のコントロール試驗用として，簡單，迅速且つ経済的に行はれる。正常の骨材であれば，その吸濕力の変化に左右さるゝことが少い。不利の点は，或種の骨材に物理的性質に大差があり，僅かの比重の相違も計算に強く影響する。濕氣の含量も各試驗毎に測定する必用があり，殊にレデー　ミクスト　コンクリート請入れの場合の測定は，セメント糊の早期收縮その他の爲め面倒が起る。

(2) 容量法の利点は，裝置が簡單で，骨材の性質及び調合割合の変化に影響されない。不利の点は操作が緩慢で複雜であり，空氣の除去には不確実が伴う。又多数の容器を用意し，頻回計量する必要がある。粗鬆性の骨材又は過度の発泡は誤差を生じ易く，又容器の塡充方法の如何が再現性を支配する。容器は精確に同寸法たるを要し，深サには殊に注意を要する。尙ほこの方法は石鹼を生成する連行材を含むモルタルには，使用不可である。

(3) 圧力法は，ボイル法則を應用せるもので，利点は直接法であり，簡單迅速で，骨材の比重濕氣には関係なく，秤量の手数もなく裝置も簡單で，小作業で頻回の試驗も容易に行うことが出來る。注意すべき点は，コンクリートの塡充法を一定にし，容器の形狀大さ，圧力等には或標準を定め，これに準拠して行うことである（容量法，圧力法，セメントコンクリート誌No.22—No.24，1948—1949 参照）。

前述の如く重量法は実驗室其他現場のコントロール試驗用としてモルタル及びコンクリートの連行空氣試驗に広く用いられているが，茲にその一般計算式を示す。

重量法の原理は，「セメント＋水＋骨材の絶対容積から計算したる理論單位重量と，練立コンクリートの測定單位重量との差は，調合物中の連行空氣量に基因する」と云うのである。

$$空氣(\%)=\frac{(理論單位重量-測定單位重量)\times 100}{理論單位重量}$$

一般式は

$$空氣(\%)=100-\frac{\left(\frac{1}{G_c}+\frac{w}{c}+\frac{P_g}{G_g}+\frac{P_s}{G_s}\right)100W}{P_T\cdot 62.4}$$

P_T：調合物中のセメント，骨材，水の総量（重量 lb/ft³），P_g：砂利量，P_s：砂量，G_c：セメントの比重，G_g：砂利の比重，G_s：砂の比重，w/c：水セメント比（重量），W：練立コンクリートの測定單

表—1 コンクリート 1yd³ 所要材料表（スランプ 3in）
Table 1. Amount of ingredinnts per 1 yd³ of mixed concrete (slump 3 in.)

材料	連行材なし			連行材添加（空氣量4％）					
	調合割合			不正当の調合割合			正当の調合割合		
	重量（容量）	容積 ft³	容積 %	重量（容量）	容積 ft³	容積 %	重量（容量）	容積 ft³	容積 %
水	38 gal	5.08	18.82	34 gal	4.55	16.85	34 gal	4.55	16.85
砂	1285 lb	7.77	28.75	1285 lb	7.77	28.75	1195 lb	7.22	26.70
セメント	564 〃	2.88	10.65	564 〃	2.88	10.65	564 〃	2.88	10.65
砂利	1993 〃	11.30	41.80	1993 〃	11.30	41.80	1993 〃	11.30	41.80
合計			100.02			102.05			100.00
	セメントファクター $^{561}/_{84}$=6.00袋			同上 =5.88（強度減少）			同上 =6.00		

備考：水 1gal=0.16 ft³ (4.546l)=重量 10lbs.

位重量 (lb/ft³)，62.4：水の重量 (lb/ft³)

米國開発局の試驗室では，重量法によりコンクリートの圧縮強度及び彈性試驗（ミキサー容量 1½ft³，最大骨材 1½in，試驗体 6×12in，3個1組）を行つている。モルタルを用うるセメントの空氣連行能力試驗には，小型の容量を用い可成り精密の結果が得られる。

Ⅶ 空氣連行コンクリートの用途

1. 道路用　空氣量3～6％のものは膏状を呈し，塑性凝集力は強く，セグレゲーションの減少，浮遊水の皆無，仕上げの迅速，打設費の節約，凍害作用の防止耐久性の改善等の利益があり，道路には氣候の差別なく著く用いられている。圧縮強度の減少は，空氣量に相当する丈け砂量及び水量を減ずれば回復することが出來る。次に空氣連行コンクリートの調合割合が，正当に行はれたるものと然らざるものとの例は表-1の通り。

2. 構造用　連行空氣による凡ての利益を享受することが出來る，現在米國各州國道局にては，道路の外，各構造物に空氣連行コンクリートの使用を指示し，新築の米國ポルトランドセメント協会所属の世界最大研究所にもこのコンクリートが使用さたている。

3. ダム用　空氣連行コンクリートの使用は最早避く可らざるものとなつた。貧配合のものも連行空氣により打設は容易となる。微砂を減ずるに伴う水密性の欠点は，砂の整粒により償うことが出來る（6in 骨材を用うる場合の空氣の最適量は2—4％である。この空氣量の毎％は水量の2—4％の減量を可能ならしめ，又與えられたる水比とスランプに対して，相当量のセメントの節減が差支ないことになる）近年完成のヂョージア州 Allatoona Dam，ワイキミング州 Amgostu-ra Dam には空氣連行コンクリートが使用された。

4. レデーミクストコンクリート　最も效果的で，その使用は絶対的のものである。殊にスラグ，碎石，軽骨材等ガサガサ質のコンクリートは勿論，細粒分少き天然砂で，廢物視されたる砂の活用が出來る。又コンクリート 1yd³ につき水 4～5 gal を節すると，スランプは同じとなり，細粗骨材 100～125lbs を節すると，セメント用量は正常の時と同じとなり，強度も普通となる。最大の特色は，使用現場で再練り混ぜの不必用なことで，コンクリートの特色を何等失うことなしに，その儘現場に引渡すことが出來る。重きトラックミキサーの必用もなく，軽快なるダンピングトラックにて，高能率且つ経済的の輸送が出來る。ASTM 規格では，練混ぜより打込迄 45 分間の輸送時間を認めている。

5. コンクリート製品　ブロック，タイル，パイプ，人造石，細工品等に效果的に利用され，殊に凍害を受くる惧れあるものには，その特色を発揮する。要は破損品少く，不良整粒砂，ガサガサ質粗骨材を用うる時の利益は著しい。製品は詰り方緊密で，角立ち，外観は奇麗である。吸水性は減じ，一般に圧縮強度は増加し，練り混ぜ水は最大強度を発揮する点迄増加することが出來る。

註　学会は Air-Entrained Concrete の訳語として，エアー エントレインド コンクリート（AE コンクリート）という用語を用いることに決定致しました。