

Water Cement Theory を應用したる混凝土製法

イナンデーシヨンの原理と其装置に就て

工事畫報前號のコンクリート工事基本知識號にてアブラム氏の水比説は充分に強調した。我國一流大家は悉く此説を是認されてをる。然らば如何にして合理的のコンクリートを作るか云ふ實際問題になるが、之を解決する最近の一方法は實に爰に紹介せんとするイナンデーシヨンの装置である。

イナンデーターは合理的なコンクリート材料の配合装置である。其機械的な装置には尙多少の改良を要する點もあらうと思ふが、之は自分で實際に使用して經驗して見なければ分らない事で、現在ではブローノック會社製を第一としてをる、我國では復興局と鐵道省で漸く使用し始めたが、近き將來必ず盛んに使用せらるゝものと思ふ。随つてイナンデーターの構造知識は最近のコンクリートを談ずる人の必ず必讀すべきものである。爰にブローノック會社の説明に基き要領を掲載する事にした。(編者)

在來の製法による混凝土の缺陷

在來の方法による混凝土は手練りでも機械練りでも實驗の結果強力が甚だ不確實であると言ふことは各大家の等しく認むる處で、如何にして之を改善すべきかは各技術家の等しく苦心する處である。

夫で一般の希望して居るコンクリートは各部の構成の均一なる所謂 Uniform Concrete を得ること、設計通りの強さを得ることである。然し乍ら之は如何に仕様書を厳にしても、又色々の他の方法を用ひて見ても、從來の状態では殆んど不可能である。米國の華盛頓道路局試驗所長 A. T. Goldbeck 氏が雑誌 Public Roads の 1925年二月號にて發表した記事によるこ、

『混凝土の築造物、建物道路等、は混凝土が或る豫想の強さを有するものこの假定の下に原料を配給されて居る。然るに出來上つたものは如何なる結果を示して居るか。今迄幾千もなく混凝土のコアを道路より取出し試験した結果多くの場合混凝土は不均一を極めて居る。或る場合の如き同一なる工事に拘らず破壊強力が 100%の差を示して居る事さへある。』

と述べてある。

蓋し豫定されたる強さは實驗室から出たもので、實驗室では砂は充分に乾燥されたものを使い、原料を量るにも十分に正確なる方法が出來、總て理想的の状態の下にコンクリートが製造されるからである。

然るに工事現場に於ては研究室に於けると同じ状態を保つことが出來ぬから原料の配給の不一致を補ふ何等かの設備なくしては理想的の混凝土は得られないのである。

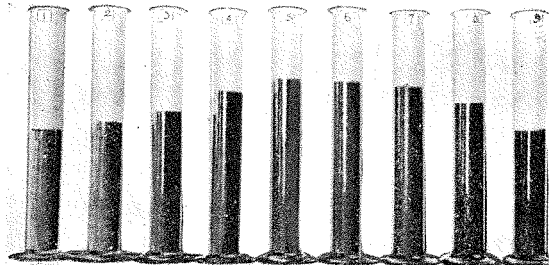
此の缺點を補ふ爲めに出來た機械的装置がイナンデーターである。本機によれば砂、礫、水、セメント等の材料の間に連絡ある作業を簡単に續ける事が出來混合機中に送る毎回の材料は正確に測定され、且つ最初出來た混凝土も、更に之に續いて出來る混凝土も、永久に同一品質のものを作る事が出来るのである。

湿度による砂容積の増加並に其の混凝土に及ぼす影響

工事現場に於て使用する砂には一般に多少の差こそあれ常に幾分の水分を含んで居る。此の水分は何でもない様であるが事實は混凝土の強力に非常なる影響を及ぼすものである。

Effect of Moisture Upon Sands.

第1圖 砂の水分の爲めの増容現象を示す

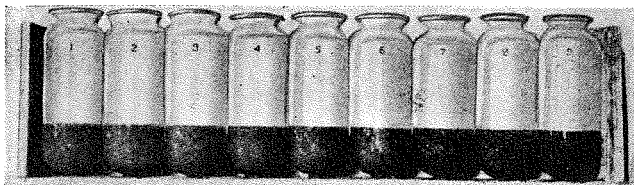


	DRY RODDED 乾燥(押しつけしもの)	DRY LOOSE 乾燥(自然のもの)	LOOSE 自然のもの	LOOSE 自然のもの	LOOSE 自然のもの	LOOSE 自然のもの	LOOSE 自然のもの	LOOSE 自然のもの	INUN- DATED 水に飽和せるもの
% 水 (重量)	—	—	1	2 1/2	5	7 1/2	10	15	20
% 増容率	—	5.82	15.2	34.5	43.3	41.0	38.6	24.6	2.3
% 一立方尺の減	—	5.2	13.2	25.6	30.2	29.0	27.7	19.7	2.2
一立方尺の重量(水を含む)	108.01b.	102.0	94.5	82.4	79.3	82.4	85.8	93.5	127.0 lb.
一立方尺中の乾燥砂の重量	108.01b.	102.0	93.6	80.4	75.5	76.6	78.0	86.6	106.0 lb.

凡ての割合は第一の管(乾燥せし砂を押しつけしもの)を標準とす

上圖は The Portland Cement Association にて實驗の結果を判り易く寫眞にて示したものである、上圖は最初十分乾燥した砂の等量を九つの試験管に入れ、之に色々の水分を含ませ依つて生ずる容積の増加を示したもので、乾燥の状態より水分を増すに従ひ容積を増し、5%の水を含んだ時は43.3%の増容を示し最大である。之から水分を増すに従ひ容積は順次減じ20%の時砂は水によりて飽和され最初の乾燥せる砂と殆んど同じ容積となる。此の水にて飽和された状態を Inundation と稱するのである。

下圖は砂がその含む水分の如何に拘はらず之を水にて飽和せる時、即ち Inundation の状態にては同じ容積となる事を示したもので上圖の試験管九個に入れた砂を九個の瓶中に移し、之等を水にて飽和せしめた時に同一容積となる事を示したものである、1925年二月発行の Concrete Highway Magazine は此の問題に就て論議を重ね結論して曰く、
「是等の試験の結果は砂の増容積を調節するには水にて飽和されし状態即ち Inundation の状態にて測るを最も適當なることを語つて居る」と。



Inundated Sands.

第2圖

異りし割合の水分を含みし砂が水に飽和せしときは同容積となるを示す。

1. 瓶に半分水を入れる
2. 第一圖の第二の管以下零より20%迄の水分を含みし砂をたれたれ同番號の瓶に移す
3. 餘分の水を取り去る
4. 最初の水分の如何に關せず砂の面が同様なるを見るべし

第一に砂の中に含まれる水の量は晴天と雨天と曇天とによつて異同あるは勿論同じ場所に積まれた砂でも表面と内部その他、所によつて異なる事は常識で考へても明らかである。即ち時と場所とによつて砂の中には違つた分量の水が含まれて居るのである。従つて砂の中に含まれる水を無視して普通の水槽 (Water Tank) から常に一定量の水を混合機中に送つたのでは混凝土は毎回異つた分量の水によつて作られる事になり、而かも此の不同が混凝土の強さに甚だしき不同を生ずることは實驗の結果證明されたのである。

第二に砂は其の中に含まれる水分の表面張力により容積を増すものである。容積増加の割合は乾燥せる砂より水分を増加するにつれて大となり、或程度にて最大となり、其以後は反對に容積を減するものである。一番容積の増加した場合には四割以上も増すのである。此の現象を無視して砂の分量を測つたのでは正確なる測定は不可能と言ふことになり、其の結果は當然不均一なる混凝土が出来る。

米國標準試驗局、米國公設道路局及びシカ

ゴ市のルイス試験所建築材料試験室等にては既に十分なる試験の結果この水による砂の容積増加の事實を確めて發表して居る。

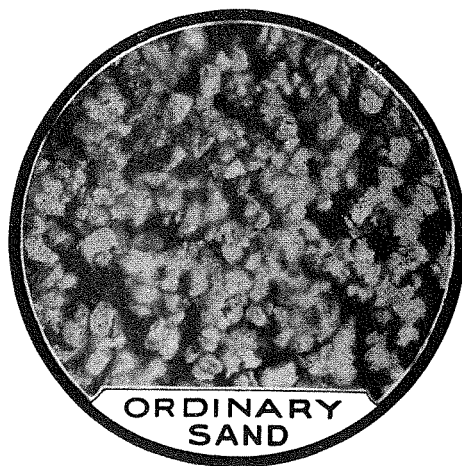
此の Inundation の方法は單に實驗室ばかりの事でなく今や廣く現場に於て實用に供される様になつたのである。尤もインデーターには之の砂の増容を調節する以外に他の目的がある。之は次に詳記する。

水が混凝土の強さに及ぼす影響

混凝土を作る際に使用すべき水の量は其の強力に重大なる關係を有するのである。之は最近に Water Cement Theory として學界に注目されて居る。米國市俄古市のルイス試験所 (Lewis Institute, Chicago.) のアブラム教授 (Proff. Duff A. Abram) は斯界の權威と稱されて居る人であるが、同教授は十萬回以上に亘る試験の結果、與へられたる時期に於ける混凝土の強さ及び凝結の状態は使用された水とセメントとの容積の比によつて定まるものであることを確めた。故に混凝土中の水は其の中のセメントを糊状にするだけあれば



第3圖 水にて飽和せし砂
(密度の密なるを示す)



第4圖 普通の水分を含む砂
(密度の粗なるを示す)

充分な譯である。

從而餘分の水は糊狀のセメントを薄くして其の力を弱めるに過ぎない。一袋のセメントを糊狀にするには2 $\frac{1}{2}$ ガロンの水で十分である、然し實際にはこれ以上の水を使用せねば實用にならぬが、結局は多くの水を使用すれば使用する程弱い多孔性のものを作る事になる。

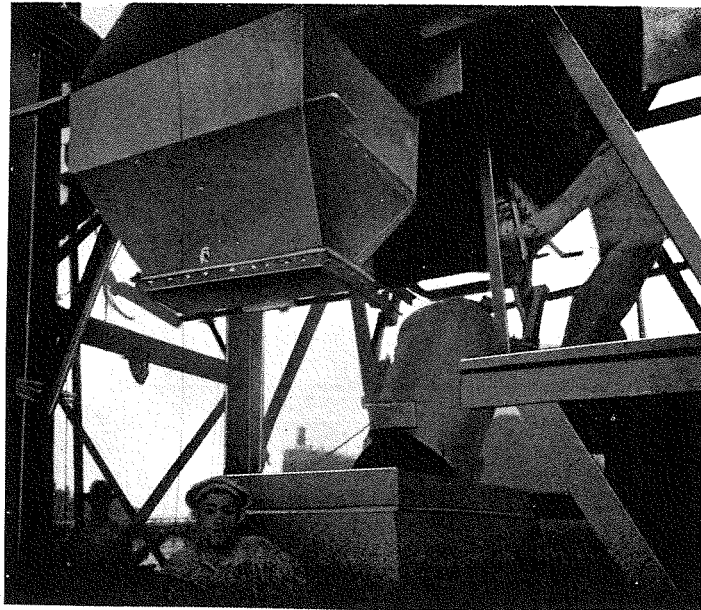
次に掲ぐるは各種の強力に對して必要な水の量で、此の水の量は砂の中に含まれた水の量をも加へた數字である。換言すれば乾燥せる砂を使用する場合のものである。

耐 壓 強 力	混合すべき水量の範圍
(平方時に付き封度) (28日後に於けるもの)	(セメント一俵に 對するガロン)
2 0 0 0	7 $\frac{1}{2}$ ~ 7 $\frac{3}{4}$
2 5 0 0	6 $\frac{1}{4}$ ~ 6 $\frac{3}{4}$
3 0 0 0	5 $\frac{1}{2}$ ~ 6
3 5 0 0	4 $\frac{3}{4}$ ~ 5 $\frac{1}{4}$

餘分の水は混凝土の強さを弱くするばかりでなく事實上セメントを空費するここにもなる。何故ならば必要以上の水は混凝土の強度及磨滅に對する抵抗を減ずることになり、結局 One Pint の水が餘分に入つた爲めに2封度—3封度のセメントが無駄になるのと同じことになるのである。

之等の實驗により混凝土中に加ふべき水の量は其の強力に重大なる關係を有するもので、極僅少の量を加ふることにより餘程強力を弱めるものであることが明かになり、従つて水の量は正確に測定すべきものであることが認められる。之は普通の砂の中には相當の水分を含んで居り且つ不同であるから之を調節すべき適當の方法を講ぜねば到底正確なる強さの混凝土は出来ぬことになる。

Inundation の方法は之を救済すべき唯一の方法で、此の方法により測定せらるゝ場合には混凝土中には常に一定の容積並に所定の水



第5圖 イナンデーターが轉覆して砂をあける所

Inundater is shown discharging accurately measured batch of sand and Water into truck.

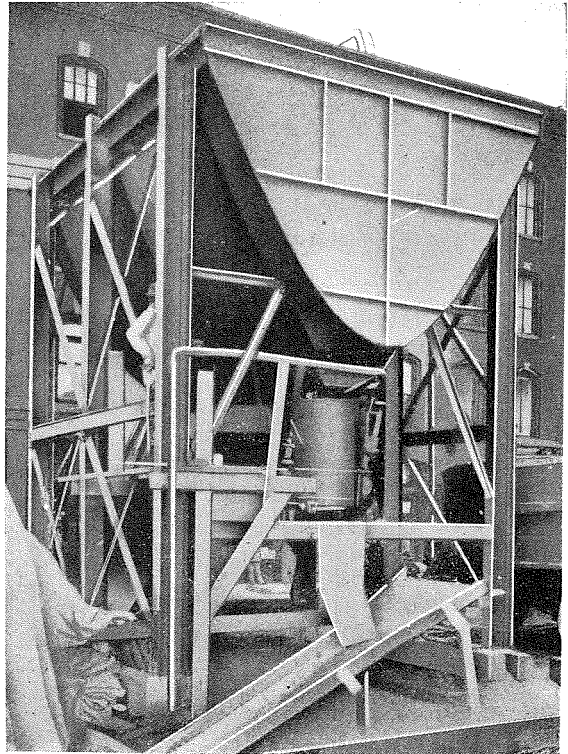
の量を入れる事が出来、従つて出来た
 混凝土は均一なる構成を有し設計通り
 の強さの混凝土を作るこゝが出来るのである。

イナンデーターの使用例

我國ではまだイナンデーターの實驗
 を發表する迄に至らないが、工事の第
 一線に立つ人は今後徹底的に自ら使つ
 て其の經驗を發表せられん事を希望す
 る。爰には米國の一例を擧げる。

ピッツバーグの大學競技場工事の主
 任技師 W. S. Hindman 氏は其工事の
 際 2000 封度及び 2500 封度の強度を有
 する混凝土を作る計劃で或る配合割合
 を得、其配合にイナンデーターを使用
 したが其結果殆んど豫定通りの混凝土
 を得た、其結果は次表の如きものであ
 る、同氏は其報告書中に尙次の如く書
 いてをる。

『此表中にある混凝土の割合はアブ
 ラム氏の理論に基きて得たるもので
 實際の強さは最初の豫定よりも強くな
 がつて居る。此等の強力に變化ある
 は試験筒を置いた貯藏方法及び温度の狀況
 に依つたものと思はれる。然し我々はイナ
 ンデーターを使用して競技場の混凝土が均



第 6 圖 ブロー、ノックス、サスペンション型バッチ
 ヤープラントにイナンデーターを使用せる圖

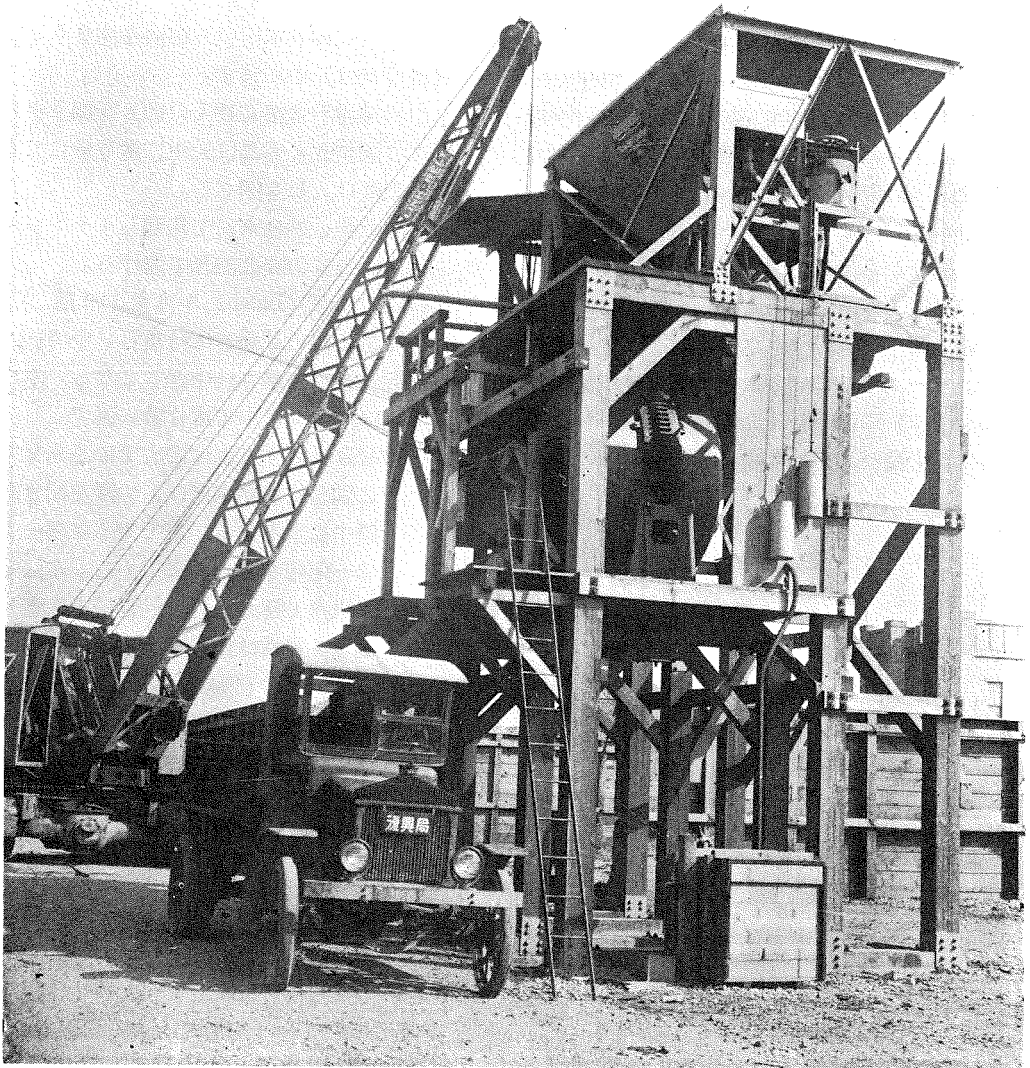
等な配合も満足な強さを得た事に就ては毫
 も疑ふ餘地がない』
 こ。

ピッツバーグ大學競技場工事に於ける混凝土試験成績表

(均等なる混凝土と設計以上の強力がイナンデーターにより得られた事を示してをる)

試験筒番號	混合の割合	スランプ	二十八日後の強さ			平均強力	設計強力
			A	B	C		
T-37	1:1.8:3.2	6"	2556*	2407	2532	2498	2000
T-36	1:1.8:3.2	4 $\frac{3}{4}$ "	3631	2370	2202	2401	2500
T-35	1:1.8:3.2	4 $\frac{3}{4}$ "	2581	2505	2449	2512	2500
T-34	1:1.8:3.2	6 $\frac{3}{4}$ "	2977	2490	2741	2736	2000
T-33	1:1.8:3.2	6"	3042	2129	3024	2732	2000
T-32	1:2.3:3.6	5"	3093	2480	2478	2683	2000
T-31	1:1.8:3.2	5 $\frac{1}{2}$ "	3053	3941	2174	3056	2500
T-30	1:2.3:3.8	5"	3415	2769	2865	3016	2000
T-29	1:2.6:3.5	4 $\frac{1}{2}$ "	2282	2664	2469	2472	2000
T-28	1:2.6:3.5	5"	1843	1913	2221	1992	2000

復興局のイナンデーター装置



7圖は復興局道路課が淺草藏前の工場内に据付けたイナンデーターの装置である。

寫眞に於て見るに全體の足場が三階に出來てをるが、一階は二階のミキサの臺を受ける足場に過ぎない、三階がイナンデーターの装置のある處で、下の自動車は二階のミキサから練出すコンクリートを受入れる爲めに

待つてをる。

上段イナンデーターの材料槽が漏斗型に大く開いて居る、之に材料を入れるには寫眞に見ゆる様に移動起重機に依つてバケツで掬み込むのである。此の試運轉は十月八日行はれたが、何れ使用成績に就ては後日報導するつもりである。

フローノックス、イナnderター装置

(第9圖に就て)

構造 Blaw-Knox Co. 製イナnderターは39頁に示す構造圖である、

左圖(1)の調整式砂容器 (Self Dumping, Self Righting, Sand Measuring Container)

左圖(2)の調整補助水槽 (Water Charger)

左圖(3)の調整式過剰水槽 (Excess Water Tank)

の三部分から出来てをる。之を運轉するには次の順序で行ふのである。

運轉 (イ) 先づ本水管の瓣を開き砂をイナnderターするに必要な量の水を調整式補助水槽(2)に注ぐ、若し餘分の水があれば溢出管から溢れ出る、此場合運轉手は瓣を閉ぢ

る。

(ロ)次に補助水槽(2)の瓣を開き水を調整式砂容器(1)中に移す。

(ハ)運轉手は篩式砂入口(9)を開き砂を上部より調整式砂容器(1)中に送り砂にて充たされた時に入口を閉ぢる。

(ニ)此時、砂は水にて飽和しイナnderターされ水が過多の時は溢れて逃ける。

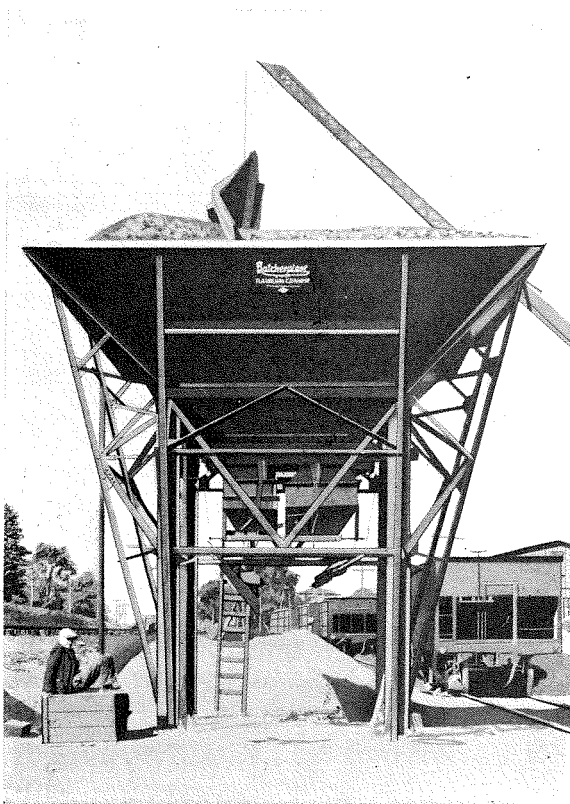
(ホ)次に鑿 (Latch) を外すこ頭部が重くなつて居る爲め砂容器は轉覆じ、中の砂及び水は混合機中に移され中が空さなる。空になるこ下部が重くなつて原位置に復す。

(ヘ)混合に要する水は之丈では不充分で更に調整式過剰水槽(3)の瓣を開き混合機中に水を送る。之でイナnderターの一運轉を終つた譯である。之は45秒間以内で行へるので混合機を休ませる事なく操業は續けられる。

砂利は砂利容器の方から、セメントは在來の方法で混合機のバッチホッパー中に入れるのである。

容量 イナnderターは一般の標準型の7切、10切、14切、21切、28切等のコンクリートミキサーに適合する様に各種類の大きさのものが製造されてをる。

材料槽 (Batchers plant) は同じくフローノックス會社で夫々適當なものを造つてをる。圖の上部の大形漏斗型はバッチャープラントである。



第8圖 インブルート、スチール、ストレージ、ビン

第9圖 イナデンター装置略圖

