



## コンクリートの密度に就て

宮 本 武 之 輔

### コンクリートの密度と品質

コンクリートの密度がその品質に對して著しい影響を與へる事は世間公知の事實であつて、粗鬆なコンクリートよりは緻密なるコンクリートを目標として材料の選定なり施工の方法なりが研究せられ、コンクリートの密度を高める事によつてその強度なり磨耗抵抗なり又はその耐久性なりが著しく改善せられる事は疑問の餘地のない結論である。従つて近時コンクリートの耐久性が著しく論ぜられる場合でも、最も耐久的なコンクリートは最も密度の高いコンクリートであると言し得るのであるが、密度を高めるための材料の選定如何に就ては今茲に觸れず、次に専ら施工の方面のみに就て此の問題を研究して見たいと思ふ。

・ コンクリートの密度を高めるがための施工法としては所謂搗固作業が最も肝要である事も異論のない所であるが、搗固

の目的は骨材の空隙に充分にモルタルを瀰漫せしめると同時にコンクリート中の空気や過剰水を排除するにあり、何れも緻密なコンクリートを得るための必須要件である。

搗固法には適宜の器具を用ひる人力搗固法と氣力又は電力搗固機即ちタンパーを使用する機械搗固法とがあり、一般に後者の方が前者よりは密度の高いコンクリートが得られると信じられてゐるけれど、その結果を數字的に比較するためには、猶ほ未だ實驗の不充分なる處みがある。

## 搗固法と震動法

コンクリートの密度を増進するための搗固法に代るべきものは震動法である。即ちコンクリートを搗固める代りに之に震動を與へて充分に落着かせる。コンクリートが震動すればその流動性が増してモルタルが滲く瀰漫し、同時に比重の關保から砂や砂利は下に沈み、空氣や水は上に浮ぶのであるから震動法によつて搗固法によるのと同じ結果が得られる。

コンクリートに震動を與へるためには震動機即ちパーヅァインレーターの如き機械を使用するのが普通であるが、昔は之を以て型枠に震動を與へ、斯くてコンクリートに間接に震動を與へたものであるから、その構造物は型枠に多少の震動を與へてもコンクリートの形狀寸法に異状を生ずる事のない様な、コンクリート方塊、笠石、縁石等の如き既設構造物にその使用を限られたのである。此の工法に於ては型枠を充分堅牢に作れば震動の効果が寧ろ、又平面積の大まい構造物にあつては周囲の型枠の震動の効果はその附近だけで消失して、コンクリートの内部には達しないと云ふ缺點がある。

然るに最近では震動機をコンクリート中に潛入せしめてコンクリート自體に直接に震動を與へる工法が行はれ之によつ

て上述の如き缺陷が除却せられるに至つたのであるが、外國のフレツツナーの如きは 1917年 以來氣力震動機を鐵筋コンクリート掛橋などに使用して好結果を収めてゐるのである。

## 震 動 機

電力及び氣力搗固機はコンクリートの表面に短衝程の頻繁なる打撃を加ふるものであるから搗固機とは言ひながら多少震動の効果を伴ふのである。

震動機の中でも型枠に震動を與へる型式のものは搗固機と類似の電力又は氣力ハンマーであるが、コンクリート中に潛入せしめて直接之に震動を與へる型式のものは特殊の構造に成り、多くは輕金屬製で柱、壁、床等の構造部分に應じてその形状を異にし、コンクリートを填充するに従つて比重の關係から自動的に浮揚して常にコンクリートの表面から一定の深さの點に止つて専ら新たに填充せられたコンクリートの部分に震動を與へる様な構造になつてゐるのである。

之とは別であるがコンクリート鋪裝の表面磨耗抵抗を増大するためにコンクリート仕上げ後、その表面に碎石を撒布した上に木製のプラツトフォームを置き此の上に特殊の震動機關を載せてコンクリート表面に震動を與へ、之によつて碎石を表層に潛入せしめる、所謂ゾアインゾロツツク・コンクリート工法の如きも亦震動法の一つと考へて差支ないのである。人力搗固法に比して搗固機又は震動機を使用する工法がコンクリートの密度を高めるために卓効があり、英國の道路工事では搗固法によるものよりも震動法によるコンクリートの方が密度が5%以上高いと言ふ事を聞いた事があるが、而もその程度を數学的に正確に確定するには實驗の乏しい憾みがあつた。

茲に紹介せんとする實驗は米國紐育港郵部及び同國道路局が1928~1931年に亘つて施行したもので、骨材の種類と填充法とがコンクリートの強度及びその他の品質に及ぼす影響を知るために最も貴重なる參考資料たるを失はないと思はれる。

## 米 國 の 實 驗

上記の實驗は骨材に就ては

- (a) 38mm 以下第8番篩以上の硬質砂利 (細率係數 7.33, 單位重量 1,790 kg/m<sup>3</sup>, 比重 2.61, 空隙 31.2%)
  - (b) 38mm 以下第16番篩以上の石灰岩碎石 (細率係數 7.40, 單位重量 1,700 kg/m<sup>3</sup>, 比重 2.82, 空隙 39.8%)
  - (c) 19mm 以下第16番篩以上のヘイダイト (細率係數 6.16, 單位重量 830 kg/m<sup>3</sup>, 比重 1.31, 空隙 36.7%)
- の三種を使用し、コンクリート填充法に就ては

- (a) 人カ 携 固 法
- (b) ザライズロリツク法
- (c) 電力震動機法
- (d) 氣力震動機法

の四種を使用し、配合は砂利及碎石コンクリートに就ては 1:2.10:3.75~1:2.43:3.80, ヘイダイト・コンクリートに就ては 1:1.20:2.84~1:1.31:2.78, 水・セメント容積比は 0.73~0.91, スラツクは 3.8cm 以下に制限する。コンクリートは容

量 0.28m<sup>3</sup> のドラム型混合機 (20R. P. M) で二分間の純混合をする。

使用したゼアインプロリツク法震動機は毎分 2,200回 の震動を興へるもの。電力震動機は搦面機に類似し、3,600 R. P. M. の標準速度で回転してコンクリートに直接に震動を興へるもの。氣力震動機は打撃回数毎分 1,200~1,250 の氣力ハンマーを以て型枠に震動を興へ、重量 39kg, 打撃力は毎分± 3.7kgm である。

試験の種類は

- (a) 彎曲強度
- (b) 抗壓強度
- (c) 彈性率
- (d) 吸水試験
- (e) 磨耗試験

その他に分れてゐるのであるが次に此等の結果を紹介する。

彎曲強度及び單位重量

骨 材	填 充 法	彎曲強度(kg/cm <sup>2</sup> )	同 比 率	單位重量(kg/m <sup>3</sup> )	同 比 率
砂 利	人	29.4	1.00	2,324	1.00
	ゼアインプロリツク	38.2	1.32	2,378	1.02
	電力搦固機	32.9	1.12	2,364	1.02
	氣力震動機	33.0	1.12	2,363	1.02

弾性率の値である。

## 強度試験の結論

以上の強度試験の結果を概言するに

- (a) 機械充填法は人力充填法に比して何れも高い彎曲強度及び抗壓強度を與へる。
- (b) 機械充填法によるコンクリートの單位重量は人力充填法によるものゝそれよりは約2%大きい。
- (c) 機械充填法による彎曲強度及び抗壓強度の増進は砂利の場合よりは碎石の場合に於て特に著しい。
- (d) 何れの充填法の場合にも碎石コンクリートの方が砂利混練土よりは彎曲強度が高いが、抗壓強度には大差がない。
- (e) 凡ての場合を通じて抗壓強度は一般に材齡と共に増進する。
- (f) 碎石及砂利コンクリートに於ては彎曲強度は一般に材齡と共に増進するが、ハイグアイト・コンクリートに於ては材齡90日の彎曲強度が一般に減耗する。その理由は不明。
- (g) 機械充填法三種の内ではゾアイプロリツク法が強度に對し最大の影響を與へる。

## 吸水試験

吸水試験は  $20 \times 20 \times 45$  cm コンクリート供試體に於て 1~140 日間の浸水の後、その吸水率を測定したものであつて、その結果は次表の如く、機械充填法によるものか人力充填法によるものよりは吸水率が低く、その中でもゾアイプロリツク

ツツ法によるものが吸水率が最低であるのは上記強度試験の結果に類似する。骨材に就てはヘイグイトを使用したものゝ吸水率が著しく高いのは蓋し已むを得ない所であらう。次表の数字は吸水率(%)

骨材	填充法	浸水期間(日)						
		1	2	8	28	56	140	
砕石	ヘイグイト	ゼアインテロリシツク	0.53	0.64	0.72	0.80	0.84	0.84
		電力搗固機	58	65	89	1.00	1.05	1.05
		氣力震動機	78	83	1.00	1.08	1.13	1.13
	利砂	電力搗固機	76	84	1.07	1.23	1.27	1.43
		ゼアインテロリシツク	0.53	0.59	0.76	0.94	0.98	0.98
		電力搗固機	74	82	97	1.14	1.20	1.20
ヘイグイト	氣力震動機	81	90	1.08	1.20	1.24	1.24	
	電力搗固機	78	96	1.12	1.27	1.29	1.29	
	ゼアインテロリシツク	1.53	1.71	1.94	2.30	2.51	2.51	
ヘイグイト	電力搗固機	1.62	1.97	2.24	2.69	2.88	2.88	
	氣力震動機	1.77	2.08	2.41	2.84	3.02	3.40	
	電力搗固機	1.77	2.08	2.41	2.84	3.02	3.40	

磨耗試験試

磨耗試験の装置は圓版の周圍に取付けられた3個の幅の狭い鋼車輪から成り、圓版に一定の重量を載せて35 R. P. M. の一定速度を以て回転せしめると、車輪が直径53 cmの圓形軌道を描く。次表は圓版1,000回転につき軌道の磨耗深を1/1,000 cmで表はしたものである。

填 充 法	骨 材	
	ハ イ ガ イ ト	石 砂 利
人 力	188	83
ガ ア イ フ ロ リ ッ ク	290	115
電 力 抽 固 機	237	125
氣 力 震 動 機	—	130
		108

此の結果を見ると今迄の強度試験や吸水試験とは反對に人力填充法が最も成績がよく、機械填充法は何れも之に比して磨耗が多い事を示す。即ち機械填充法はコンクリートの密度を高めるけれども、却つてその磨耗抵抗を減少するのである。一見奇異なる此の實驗成績は之を次の如く説明せられる。即ち機械填充法は震動の結果、コンクリートの表面に水を浮揚せしめ、同時に磨耗抵抗の少ない極微粒の物質を表面に集積せしめる結果である。此の故にこそ磨耗抵抗の高い事を必要とする床版や鋪裝の仕上に於て、表面の水が消失するまで仕上作業を延ばす事、仕上には金鏝よりは木鏝を使用して、水や極微粒の物質が表面に浮揚するのを防ぐ事と言ふ様な注意が嚴守せられなければならないのである。

因みにハイダイトと言ふのは罪つて本誌に紹介した事があるかと思ふが頁岩や粘板岩の如きものを焼いて作つた人造骨材である。(完)