

軽量コンクリートについて

正員 工学博士 篠原 謹 爾*

ON LIGHT WEIGHT CONCRETE

(JSCE Feb. 1952)

Dr. Eng., Kinji Shinohara, C. E. Member

Synopsis This paper deals with some opinions about light weight concrete for structures which has been obtained from author's experiments. In conclusion, it is stated that the light weight concrete which is made of aggregates found in Japan at present, may have strength of 150 kg/cm² at the best and may be lightened by about 30% at the most compared with the weight of ordinary concretes.

要旨 本文は土木学会第5回年次講演会で行った報告を要約したものである。即ち、構造用軽量コンクリートについての調査と筆者の行った本邦産の骨材を用いた若干の実験結果から得られた筆者の意見を述べたものである。結論として、現状で本邦産の骨材を用いてつくられるコンクリートはせいぜい 150 kg/cm² 程度の強度のものであり、重量は普通コンクリートに比し最大約 30% 軽減されるにすぎない。

1. 緒言

コンクリート構造物の欠点の一つとして自重の大きいことが指摘される。コンクリートの自重を利用しようとする場合は別として、相当な強度を必要とする構造用コンクリートに対しては、所要強度をもつことは勿論のこと、その上、出来るだけ重量の軽いことが望ましい。

軽量コンクリートの製法として従来考えられ実施されているものを大別すると軽量骨材を使用するものと多孔質コンクリートとするものになる。多孔質コンクリートは極めて軽重量ではあるが、強度が非常に小さく、構造用コンクリートとしては使用出来ない。防熱、絶縁材料として使用されているにすぎない。

軽量骨材には天然物と人工物とがあるが、構造用コンクリートに使用する骨材としては人工物、特に焼成粘土又は頁岩、鉱滓等が適当のようである。軽量骨材を使用するコンクリートについては米国及びドイツにおいてかなり古くから研究せられ実用に供せられている。我国においても強度を必要としないような建築用ブロックなどには利用されているが、構造用コンクリートについては実用に供せられたことを殆んどきかない。筆者は終戦後米国のコンクリート船を見学する機会に恵まれ、その際、使用されているコンクリートが

普通状態で重量 1.8 t/m³、しかも、圧縮強度は 490 kg/cm² もあることを知り、軽量でしかも高強度を有するコンクリートを製作することの可能であることがわかった。

筆者が今日まで行った若干の実験の結果からは、現在我国で入手し得られる程度の軽量骨材を用いたのでは、米国において報告されているような優秀な軽量コンクリートの製作はむづかしいことが知られた。筆者が使用したのは天然物である熔岩及び軽岩、人工物である鉱滓であつたが、高強度を得ようとするれば重量が大きくなり、軽量という点に主眼をおくと、4週強度 100~200 kg/cm² 位のところが最大限のようである。

この研究の成果の一部は既に第2回セメント技術大会その他で報告したが¹⁾、本報告ではその後得られた結果を含めた筆者の軽量コンクリートに関する研究及び調査の概要を述べ、この問題に興味をもたれる方々への御参考に供したいと思う。この研究は文部省科学研究費によつて行われたものであり、実験にあつては、丸山、有馬、石井の諸氏の多大の援助をうけた。ここに記してお礼申上げる。又、軽量骨材の入手に種々便宜を与えられた、八幡製鉄工務部長浅村氏、及び神谷氏、鹿児島県土木部長是枝氏及び野原氏に厚くお礼申上げる。

2. 軽量コンクリートについての調査及び実験

従来使用せられている軽量骨材は前に述べたように天然物と人工物とに大別される。天然物としては熔岩 (lava)、軽石 (pumice)、凝灰岩 (tuff) 等があり、人工物としては、炭がら (cinder or breeze)、鉱滓 (slag)、焼成粘土 (burned clay)、焼成頁岩 (burned shale) 等がある。現在我国で軽量骨材として使用し

1) セメント技術年報, 1948

土木技術, 昭.24. 10~12月, 昭.25. 2~3月

* 九州大学教授, 応用力学研究所

得られるものは、熔岩、軽石、鉍滓、煉瓦屑等であろう。炭がらの利用も考えられるが、適当な強度をもつものが得られそうになかったので筆者は使用していない。鉍滓を使用した例として、Lyse 氏の報告によると、1:2.5:3.5 のコンクリートにおいて、重量は飽和状態で 2.03 t/m^3 、 100°C で定重量に乾燥した場合 1.81 t/m^3 であり、強度は普通コンクリートとほぼ同一であつたという。又、Petersen 氏の報告²⁾によると鉍滓（含泡性のもの）でもコンクリート 1 m^3 に 600 kg 程度のセメントを使用すれば（配合 1:0.8:1.2）4 週強度 250 kg/cm^2 位が得られ、しかも重量は生のコンクリートで 1.65 t/m^3 であり、更に、 100 kg/cm^2 位の強度で満足すればセメント使用量も 400 kg 位で済み、重量も 1.3 t/m^3 位に軽くなる。

人工軽量骨材の王者ハイダイト (Haydite) を使用した例として、米国シカゴの Clark [Street bridge] 及び Wabash Avenue bridge のコンクリート版は早強セメントを使用し、1:1.5:2.5 の配合で4週強度 364 kg/cm^2 、重量 1.87 t/m^3 と報告されている。Petersen 氏の研究ではセメントを 550 kg/m^3 使用した場合には（配合 1:1.4:1.5）4 週強度 428 kg/cm^2 、重量 1.6 t/m^3 （生の状態で）である。

このような軽量かつ高強度のコンクリートは筆者の取扱つた実験では得られていない。筆者が使用した骨材は、八幡製鉄所の高炉鉍滓、鹿児島県桜島産の熔岩及び軽石、宮崎県及び大分県産の軽石（凝灰岩）、伊豆新島の石英粗面岩等である。依頼によつて試作した、熔岩及び軽石を使用し、配合 1:1.5:3 程度、水比 70~100% のコンクリートの強度は最大 160 kg/cm^2 、普通 $60\sim 100 \text{ kg/cm}^2$ であり、重量は $1.5\sim 1.6 \text{ t/m}^3$ であつた。

鉍滓には碎石よりも緻密な硬いものから炭がら程度の多孔質のものまで各種多様である。使用した鉍滓は 0~1 号バラスでこれを適当に砕いて細鉍滓と粗鉍滓とに篩分けた。比重は細鉍滓 2.39、粗鉍滓 2.21 であつた。材料の都合から試験体は $7.5 \times 15 \text{ cm}$ の円筒形試験体を用い、標準の方法に準じて製作した。配合は細粗鉍滓比を 1:2 と定め、セメント骨材比を 1:1, 1:2, 1:3（水量 55%）に変えたときの容量及び強度 (No. 1, 2, 3)、細鉍滓を取除いた場合 (No. 4, 6, 7)、細鉍滓の代りに普通砂（九大工学部構内の砂）を用い

たもの (No. 5, 11)、普通の砂、砂利を用いたもの (No. 12) を比較した。軟度は軟練モルタル試験用のフローテーブルを用いフロー値で表わすことにした。その結果を示すと表-1 のようである。

表-1 鉍滓コンクリートの配合と容重及び強度

No.	配 合			水量 (%)	フロー (mm)	容 重 (t/cm ³)	4 週圧縮強度 (kg/cm ²)
	セメント	FSL	CSL				
1	1	1/3	2/3	55	240	1.88	188
2	1	2/3	4/3	55	175	1.96	173
3	1	1	2	55	214	1.93	118
4	1	0	2	55	215	2.04	146
5	1	1(S)	2	55	172	2.12	231
6	1	0	1	65	228	1.87	112
7	1	0	3	65	149	2.00	125
8	1	1	2	65	—	2.16	198
9	1	2/3	4/3	75	225	1.92	88
10	1	2	4	75	123	1.95	72
11	1	2(S)	4	75	—	2.04	94
12	1	2(S)	4(G)	75	161	2.16	59

註: (S) は普通砂, (G) は砂利, FSL は細鉍滓, CSL は粗鉍滓

この結果をみると種々の矛盾のあるのが知られる。例えば No. 3 と No. 8 は No. 3 の方が大きな強度を示すように思われるのが反対となつている。これは填充が不十分であつたため、容重がかなりちがっていることから知られる。容重は配合と共に填充の仕方に関係のあることがわかる。細鉍滓を用いなかつたものは使用したものより強度が小さい。又、細鉍滓の代りに砂を用いると強度は非常に増すが (No. 5, 11)、容重が大となる。普通コンクリートの強度が鉍滓コンクリートより小さいのは意外で、セメントの風化その他の影響が加わつているのではないかと思われる³⁾。以上のように筆者の実験からは鉍滓を用いたコンクリートは、強度はかなり出てもあまり軽量とならないということが知られる。米国のように含泡鉍滓を使用すれば重量は余程軽くなるのではないかと考えられる。このことは熔岩を用いたコンクリートについても言える。緻密な硬い熔岩は鉍滓と大差なく重量もかなり大きい。

次に、桜島産黒色熔岩、八幡製鉄鉍滓及び川砂利を用いたコンクリートの比較試験を行つた。配合はセメントの量になるべく一定となるように努力したが実際にはかなり違つたものとなつた。細粗骨材比は 1:1, 1:2, かつ施工軟度をほぼ等しくした。セメントは各試験組毎にちがうので、異つた組の間の強度の比較は

3) これらの実験は昭和 22~23 年頃行われたものである。

2) Petersen, P. H.: "Properties of some light-aggregate concretes with and without an air-entraining admixture" Building Materials and Structures Report BMS 112, 1948, Aug. U. S. A.

出来ない。骨材の比重は、砂 2.65, 砂利 2.50, 熔岩 1.95, 鈹滓 1.87, 又、容重は砂 1.67, 砂利 1.59, 熔岩 1.05, 鈹滓 0.96 (いずれも t/m^3) であつた。実験結果は表-2 のようである。

表-2 熔岩及び鈹滓コンクリートと普通コンクリートとの比較

コンクリート種類	配合 (重量比)	水量 (%)	スランブ (cm)	容重 (t/m^3)	4週圧縮強度 (kg/cm^2)
テスト 1 砂 砂利 コンクリート	1:2.35:2.35	70	15.5	2.18	85
砂 熔岩 コンクリート	1:2.55:1.50	82	15.8	2.02	90
砂 鈹滓 コンクリート	1:2.62:1.77	83	12.5	2.02	76
テスト 2 砂 砂利 コンクリート	1:1.56:3.11	70	流動	2.21	110
砂 熔岩 コンクリート	1:1.30:2.61	70	0.7	1.99	125
砂 鈹滓 コンクリート	1:1.27:2.53	70	0.4	1.97	99
テスト 3 砂 熔岩 コンクリート	1:1.81:2.23	70.4	2.5	2.02	153

この結果からみると、堅硬な質の鈹滓や熔岩を用いても、強度の低下は少いが、同時に容重は大して軽くないことが知られ、軽量コンクリートの目的にはそわない。

以上の貧弱な実験結果から、現在我国で構造用軽量コンクリートを製作するには、骨材として、軽石類の中の良質のもの又は鈹滓、熔岩中の多孔質のものを選ぶ必要があると思われる。しかし、このような骨材を用いても容重はせいぜい $1.5\sim 1.6 t/m^3$ どまりで、強度は $100\sim 150 kg/cm^2$ 位のものと考えられる。即ち米国でつくられているような高強度の軽量コンクリートを現在日本で見出されるような骨材を用いてつくことは困難ではないかと考えられる。

3. 軽量コンクリートの研究についての考察

軽量コンクリートが構造用コンクリートとして使用せられるためには、使用する軽量骨材は少くともコン

クリートに要求せられる強度と同程度であることが必要である。そうでないと、コンクリートの強度は骨材の強度に支配され要求せられるような強度を出すことが出来ない。このためには使用する骨材が果して適切なものであるか否かの試験、即ち骨材に対するモルタル構造試験が必要である。筆者は、九味浦砂を標準として、桜島熔岩と陶器屑に対して試験を行つてみた。これらはいずれも軽量骨材として使用可能であつた。

軽量骨材を使用するコンクリートの製作にあつては、先ずモルタル構造試験によつて骨材の適否を判定し、次いで細粗骨材比をいろいろ変え最大密度となる配合を定め、強度、重量、施工軟度、経済等の諸点を考え合わせて最適の設計配合を決定する。この際の注意として、軽量骨材は一般に多孔質で吸水率が大きいため、使用前予め水に浸けておき、使用直前に水から引上げる。又配合は容積配合の方が便利なようである。施工軟度をスランブで測定すると、極めて軽い骨材では骨材の流動が悪く、実際よりも小さいスランブを与える。従つて、スランブによつて普通コンクリートと軽量コンクリートの施工軟度を比較するのは面白くない。

以上のような方針によつて製作すれば軽石のような骨材でも施工に適する軟度の範囲で $100\sim 150 kg/cm^2$ 程度のものまではつくり得られ、重量は普通コンクリートに比べ 30% 位軽くなる。容重 $1.5\sim 1.8 t/m^3$, 強度 $300\sim 500 kg/cm^2$ 位のコンクリートを製作するには、現在日本で見出される骨材ではむづかしい。このようなコンクリートには焼成頁岩又は粘土のようなすぐれた人工軽量骨材が必要である。我国においてもハイダイトのようなすぐれた人工軽量骨材が製造され、構造用軽量コンクリートが一般に利用されるようになることを希望する。

(昭.26.10.11)

訂 正

土木学会誌 36 卷 12 号報文欄「セメント圧縮強度とコンクリート圧縮強度との関係について」7 頁の図一3 欄外の記号説明中、○●早強セメント使用とあるは図面再製の際の誤りにつき説明を削除致します。

(編集部)

1号お知らせに発表の連合講演会の記事中、一部訂正及び追加がありましたのでお知らせ致します。

訂正 2月27日午前の部No. 5 [○]デープル [○]テープル
北原護二 北條護二

追加 2月28日午前の部No. 3

日本カーボン 井上良彦の次に
日本カーボン 池田憲治を追加

12. サイクロン收塵に就いて(15分)

大平鈹業 牧田正憲君