

低スランプ人工軽量骨材コンクリートのポンプ圧送試験

高橋 久雄 中根 淳
森 一 永井 康淑

Pumping Tests of Low-Slump Artificial Lightweight Aggregate Concrete

Hisao Takahashi Sunao Nakane
Hajime Mori Yasuyoshi Nagai

Abstract

The pumpability of low-slump artificial lightweight aggregate concrete (slump 10~15 cm) was studied. The purpose of the tests was to examine the possibility of placement with existing concrete pumps and the changes in quality of pumped concrete. As a result, the authors concluded that lightweight concrete of 10cm slump in a horizontal pipeline of 100 m is pumpable to a satisfactory degree and there is little change in concrete quality. Also, useful information relative to the mechanisms of a concrete pump was obtained. However, in actual practice, evaluation of low-slump concrete pumping methods will require more tests since fresh concrete behaves in a complex manner depending on its environment.

概 要

低スランプ人工軽量骨材コンクリート（スランプ 10~15cm）のポンプ圧送工法について、その可能性、あるいは限界を検討するために圧送試験を行なってコンクリートポンプの油圧機構、性能、圧送圧力、等に関する実態、および、圧送されたコンクリートの各種性状に関する実態、等々を調査した。建築現場に於ける実用化の目標としてはスランプ10cm、水平圧送長さ100m 程度を考えて実験計画を行なった。その結果、コンクリートの変質もあまりなく、また、ポンプ本体の機構に関連する種々の基礎資料も得た。生コンクリートは環境によって複雑に挙動するので、本工法の評価にはなお数多くの試験が必要であるが、可能性についてその一端は探れたものと思われる。

1. まえがき

鉄骨造高層ビルの床スラブには低スランプ（10~15 cm）人工軽量骨材コンクリートが多く使用される傾向にあり、その現場内輸送手段として垂直方向にコンクリートエレベーターを採用するのが一般的である。また、水平方向の輸送には省力化などの理由からコンクリートポンプを利用する方向にあるが、本工法にはいろいろむずかしい問題が山積しており解決されねばならない点も数多い。

筆者らは現有コンクリートポンプを利用した低スランプ人工軽量骨材コンクリートの圧送試験を行なってコンクリートの品質変動、あるいは、コンクリートポンプ機構に関連する基礎的資料を得た。この試験の目的は本工法の可能性、および低スランプコンクリート

用ポンプの開発を目指し、建築現場に於ける実用化の目安はスランプ10cm、水平圧送距離100m、程度を考えている。

2. 試験概要

コンクリートの調合、輸送管の配管、および試験内容は次のように計画した。

2.1. コンクリートの調合

コンクリートの調合はコンクリートのポンパビリティ、あるいは低スランプ人工骨コンクリートの用途、等を考慮して、普通ポルトランドセメント320 kg、空気量4%、コンクリート気乾比重 1.7、減水剤使用、を条件として決めた。また、予定スランプ値は10、15 cm とした。調合表は表一1に示してある。

2.2. 輸送管の配管

輸送管の配管は図-1に示すように水平換算距離をそれぞれ60, 80, 100mとした。また、試験の一部では筒先にフレキシブルホースを取付けたもので行なってその影響を調べたものもある。

2.3. 試験内容

試験データの採取は下記のものについて行なった。

- (i) コンクリートの品質変化 生コン工場、ポンプ車(圧送前)、配管筒先(圧送後)で採取した。(試験項目は表-2参照)。
- (ii) コンクリートの圧送圧力 コンクリートの圧力をダイヤフラムによって油へ伝え、その時の油圧を圧力計でピックアップしてオシロに記録した。
- (iii) コンクリートの吐出量 配管筒先からバケツ(容量1.5m³)へ投入されたコンクリートの重量より算出した。(写真-3)
- (iv) コンクリートポンプの油圧, 油温, ストローク数 ポンプ車装備の油圧計, 油温計で測定し, また, ストローク数はストローク長1150mmにセットして実測した。

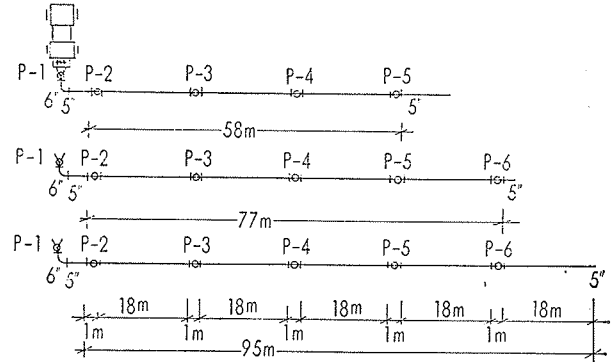
3. 試験経過

試験の組合せと進行状況は表-2に示した。当初計画していた調合によるコンクリート(表-1)は生コン工場で予定通りのスランブ値を得たものの生コン車輸送時に予測を超えるスランブロスがあったため、水量補正によるスランブ調整を行なった。その結果、表-2に示してあるように試験順序を一部変更したが、所期のスランブも得られ(図-2), また, 試験の各組合せに対し一度も閉塞トラブルなく試験を完了した。

配合種類	W/C (%)	S/A (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	セメント (kg/m ³)	川砂 (kg/m ³)	軽砂 (kg/m ³)	軽砂利 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)
I	48.1	45.8	10	4	320	585	176	597	157
II	50.3	48.1	15	4	320	606	183	565	165

人工軽量骨材; ヒルトン
 混和剤; ポゾリスNo.5 L
 細骨材混合率; 川砂: 軽砂=70:30

表-1 コンクリートの調合表



使用機種の種類:
 ポンプ車 三菱シュビングDC-100型
 5インチ配管(肉厚2.5mm)
 オイルポンプ回転数 1,000~2,200rpm
 ポンプセット油圧 130kg/cm²
 (正規セット圧110kg/cm²)
 ストローク長 1150mm

図-1 輸送管の配管

日時	サンプリング ΔS	予定スランブ (cm)	変更スランブ (cm)	圧送距離 (m)	圧送量 (m ³)	試験項目(圧送前後)			備考	その他
						コンクリートポンプ	掘上りコンクリート	硬化コンクリート		
AM 1~3	15	10 (8.0~11.4)	58	12	油圧, 油温	スランブ, フロー	圧縮供試体各3本 (10φ×20)	—	天然くもり 気温 5~8℃	
PM 4~6	10	15 (13.3~17.2)	77	15	ストローク数	コンクリート温度	引張供試体各3本 (15φ×30)	ΔS10, 14は筒先フレキシブルホースを取付て管内圧測定	天然 日れ 気温 4~6℃	
AM 7~10	15	10 (8.9~13.4)	95	15	管内圧	空気量, 単位容重	引張供試体各3本 (15φ×30)	—	—	
AM 11~14	10	15 (14.4~17.3)	95	21	吐出量	粗骨材吸水量 (ΔS2.5, 8, 12, 16, 19) プレージング・ (ΔS 8, 12, 16)	引張供試体各3本 (10×10×40) (ΔS12, 16)	—	—	
PM 15~17	15	15 (17.2~20.3)	95	21	各サンプリング ΔS に対し各1回宛測定	各サンプリング ΔS に対し各1回宛測定し, *は除く	—	—	—	
PM 18~21	10	10 (7.0~15.0)	95	21	—	—	—	—	—	

表-2 試験の組合せ



写真-1 配管の状況



写真-2 輸送管筒先の状況

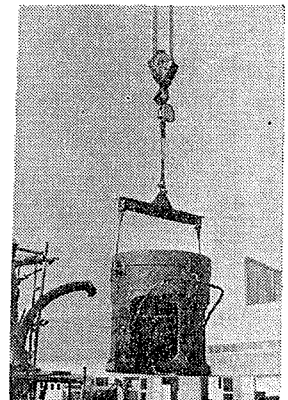


写真-3 吐出量の測定

4. コンクリートの性質

コンクリートは工場、ポンプ車、配管筒先の3地点でそれぞれ採取し、その諸性質の変化を調査した。圧送に使われたコンクリート量は試験の各組合せに対し12~21m³である。

4.1. スランプ

各地点に於けるスランプの変化状況は図-2, 3に示す如くで、低スランプ人軽骨コンクリートのスランプ調整が困難であることを示している。特に生コン車輸送時のスランプロスが大きく、本試験に於いては表-1の調査に対し、水量補正を行なって工場を出荷させた。一方、圧送によるスランプロスは低スランプになるほど大きくなるが全般的に予想より少なくスランプ10cm程度のものでロスが2cm前後しかなかった。

4.2. 空気量, 単位容重

空気量は生コン車輸送時・圧送時、共に1.0%前後の減少があった。一方、単位容量については大きな差を認められなかった。

4.3. 圧縮強度, 引張強さ係数

4週時の圧縮強度, および引張強さ係数は3個の平

均値を求めた圧送前後を比較できるようにして図-4, 5に示した。共に圧送距離によって若干増減する傾向にあった。また、圧縮および引張の強度比(σ_c/σ_t)は圧送前後、あるいは圧送距離によって変化はなく、6.7~8.0であった。

4.4. その他

上記のほか、ブリージング、あるいは収縮率についても測定を行なった。ブリージング率は採取個数が少ないため圧送による変化を云々することはできないが共に1.5%前後の値を示していた。収縮率は図-6に示す如くで、単位水量の差、あるいは圧送前後の差(圧送後の方が大きい)が出ている。

4.5. まとめ

圧送試験の各組合せに対し一度の閉塞もなく、スランプ10cmの人軽骨コンクリートが圧送できることを確認した。また、ポンプ圧送による品質変化に関する調査結果に於いていずれも圧送によるデメリットとして認められる程のものもなかったように思われる。しかし、試験は冬期で気温もほぼ一定の良好な環境で実施されているため現場に於ける実用化には更に検討されねばならない点が数多い。また、低スランプコンクリートでは単位水量が若干変化するだけでスランプ変

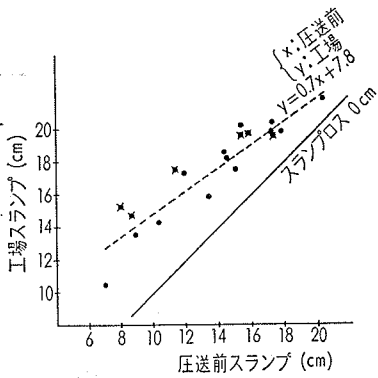


図-2 工場-圧送前スランプ

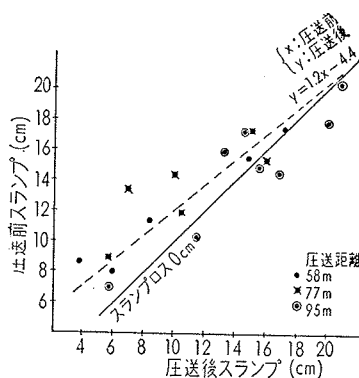


図-3 圧送前-圧送後スランプ

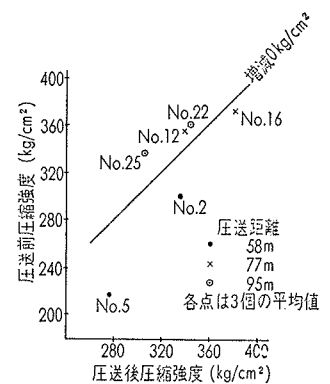


図-4 圧送前後圧縮強度

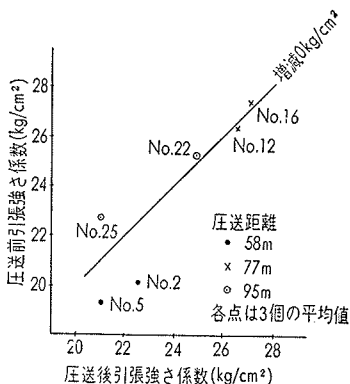


図-5 圧送前後引張強さ係数

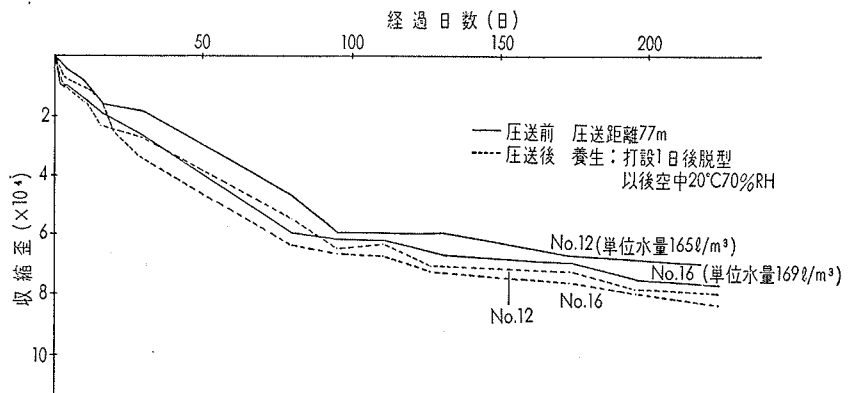


図-6 圧送前後収縮率

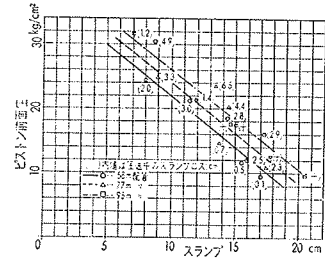
動が大きくでるので骨材の含水率管理を含めたプラン
ト計量管理を一層厳密に行なう必要があると思われる。

5. コンクリートポンプの機能

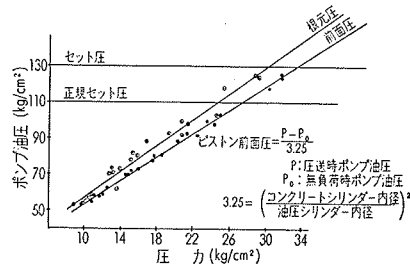
ポンプ本体の機構に関連するものとして圧送管内圧、
ポンプ油圧、コンクリート吐出量、ストローク数、等
を測定した。

5.1. ピストン前面圧

ピストン前面圧は図一八に示した算定式によって得
られる値で、ピストンの摩擦抵抗を無視すれば、シリ
ンダー内でコンクリートが受ける圧力を示す。これに
よってコンクリートに加わる最大圧力を予想できる。
図一七はピストン前面圧とスランプの関係を示したも
ので低スランプになるほど、また圧送距離が長くなる
ほど、ピストン前面圧が大きくなることを示している。
図一八はピストン前面圧とポンプ油圧との関係を示す
ものである。図一七、八によれば、今回の試験に於ける
圧送限界はスランプ 7cm 前後にあったことが知れる。



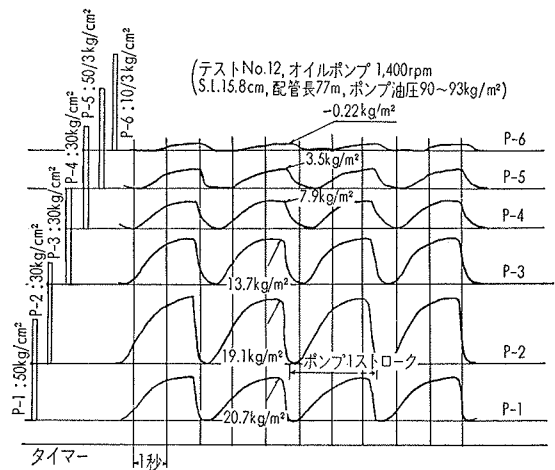
図一七 ピストン前面圧とスランプ



図一八 ピストン前面圧とポンプ油圧

5.2. 輸送管内のコンクリート圧力

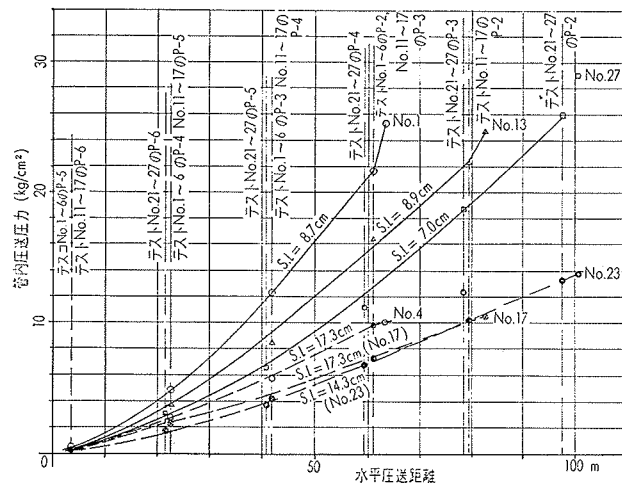
コンクリートの受ける管内圧圧送波形は図一九で明
らかなようにそのピーク発生の仕方が普通コンクリ
ートとは異なって徐々に増大している。これは人軽骨コ
ンクリートが弾性的な圧縮性を有しているためで、圧
送の困難さはこれが原因と思われる。図一十は管内圧
送圧力と圧送距離との関係のうち代表的なものを示し
た。管内圧送圧力は配管の筒先より根元に到るまで連
続的に増大し、特に低スランプの場合（図中のスラン
プ 7.0~8.9cm）はY字管から絞り管までの圧力(P-1
とP-2の差圧)が急激に増大している。また、例えば
圧送距離の異なる No. 1 (60m), No. 13 (80m),
No. 27(100m) の圧力曲線につい
て、配管筒先から60m地点の圧力
を考えるとそれぞれ22, 16, 12kg
/cm² と減少する傾向がある。即
ち、圧送距離が長くなると単位輸
送管長さ当りの圧力損失は小さく
なって、圧送距離がのびること
に対し有利な傾向がうかがえた。図
一十一は管内圧送圧力とポンプ回
転数の関係を示したもので、回
転数が多いほど圧力が高く、ま
た圧力損失が増大していることが
判る。



図一九 圧力時の管内圧力波形

5.3. 吐出量

吐出量は圧送距離、スランプ、
などと関係なく、22~30m³/hr(回



図一十 管内圧力と圧送距離

転数1400rpm)程度であり、容積効率は52~77%とあまり良くない。この原因はゲートバルブ切換時にホッパーへ吹き返すコンクリートの量が多かったため、低スランプ人軽骨コンクリートがかなりの圧縮性を有していることを物語っている。

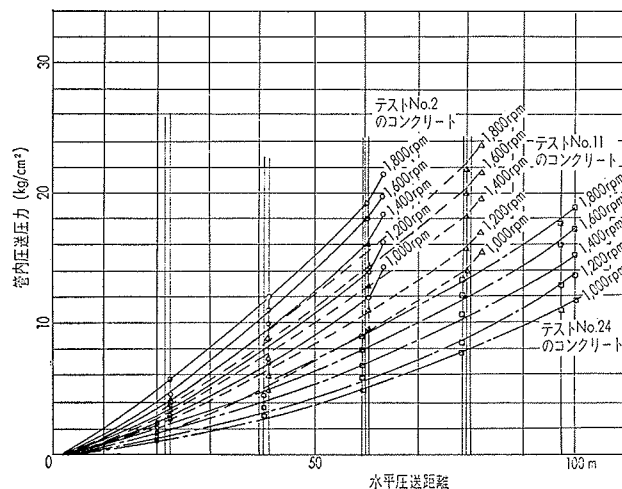
5.4. まとめ

管内圧送圧力、ポンプ油圧、吐出量、等を測定して低スランプ人軽骨コンクリートの圧送性について検討を行ってきた。その結果、

- (i) 現有コンクリートポンプでも性能の良いものであれば低スランプ人軽骨コンクリートをスランプ10cm、水平圧送距離100m程度まで圧送できる可能性が確認できた。
- (ii) 配管内圧送圧力の圧力勾配は圧送距離が短くなるほど、あるいはポンプ回転数が多くなるほど、高くなる。
- (iii) 圧送圧力はスランプが低下するほど高くなる。また、圧送距離が短くなると単位長さ当りの圧力損失は増大するため、圧送距離が短いからと云って必ずしも圧送が容易になるとは限らない。
- (iv) 吐出量は容積効率が非常に悪くなるため公称値をかなり下まわることになる。

6. あとがき

人軽骨コンクリートは圧送圧力に対し普通コンクリートには見られない圧縮性を示している。この傾向は低スランプになるほど顕著で、これがポンプ圧送を困難にしている主要因と思われる。従って、機械力によるゴリ押しでなくむしろ“ゆっくり”“やわらかく”圧送するのが得策であると思われる。スランプ10cm、水平圧送距離100mの人軽骨コンクリート圧送は可能と思われるが、現場への実用化をはたすためには打設施工計画、コンクリートの品質管理(プラントの計量管理、スランプ変動を少なくするための骨材管理、etc.)等のチェックを進めると共に更に夏期圧送の問題等を



図一11 管内圧送力とポンプ回転数

含めた圧送試験の積重ねが必要であろう。最近、低スランプ人軽骨コンクリートの圧送に関連した実験が多く見られるようになり、その成果が期待されるころである。尚、本試験は三菱重工業建設機械部と大林組が共同で行なったものである。

大林組関係者

本社工務部 片岡職員
 本店工務部 越本課長 三浦職員
 本社機械部 依田部長 加藤職員
 技術研究所 表記の通り

参考文献

- 亀田, 他 “低スランプ人工軽量骨材コンクリートのポンプ圧送性に関する実験研究” 日本建築学会関東支部 (昭和47年度)
- 嵩, 他 “コンクリートポンプによる軽量コンクリートの水平圧送に関する実験的研究”, その1~4 日本建築学会東北大会 (昭和48年度)
- 越本, 他 “低スランプ人工軽量骨材コンクリートのポンプ圧送試験”, その1~2 日本建築学会東北大会 (昭和48年度)
- 亀田, 他 “人工軽量骨材コンクリートのポンプ圧送性に関する実験研究”, 日本建築学会東北大会 (昭和48年度)