Research Reports of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-RR-93, 1994 UDC 693.546.3 69.033 69.057

# コンクリートポンプ工法において 足場に作用する荷重等について

河尻義正\*,小川勝教\*,大幢勝利\*

# On the Load Acts on Scaffolds Installed with a Pipe for Placing Concrete by a Pump

# by Yoshimasa KAWAJIRI\*, Katsunori OGAWA\* and Katsutoshi OHDO\*

Abstract; In concrete placing by pump, occasionally, scaffolds are used as a structure to support a concrete pipe. In such cases, the scaffolds bear the loads caused by vibration of the pump and if strength of the scaffolds is insufficient for them, parts of the scaffold may break, and in the extreme case the whole may collapse. There are reports that the ledger of frame-scaffold was broken. To prevent these accidents, it is necessary to investigate such loads and to brace the scaffolds so as to bear them.

Experiments were carried out to clear the loads acting on the frame-scaffold and to verify the strength of scaffold frame against them.

From the results of these experiments, it was shown that repeated loads acting on the scaffold were considerable and they brought excessive stress on the ledger installed with the concrete pipe.

Following proposals are made as safety countermeasures:

(1) Concrete pipes shall not be attached to scaffolds. However, in unavoidable cases.

(2) Frames installed with a concrete pipe and their next frames in both sides shall be braced for securing the columns against 2tonf in addition to live load per column, as well as the ledgers against 2tonf per connection.

(3) To distribute the load, connections between scaffolds and a concrete pipe shall be provided as many as possible and screw jacks of columns or suspending chains shall be properly adjusted. *Keywords*; Concrete pump, Concrete placing, Frame scaffold, Concrete piping, Repeated load

# はじめに

コンクリートポンプ工法においては,高所にコン クリートを圧送する場合に,圧送用の輸送管の支持 構造物として作業足場を利用することがある。

この場合,足場には圧送時の振動に起因するかな り大きな衝撃力が作用し,それによって足場の一部 が破損したり,場合によっては足場全体の倒壊事故に

\*土木建築研究部 Construction Safety Research Division

発展する恐れがある。少例ではあるが,過去に,こうした原因で配管取付け部分の足場の横架材が破断した例が報告されている<sup>1)</sup>。

このような事故を未然に防止するには、コンクリー ト圧送時に足場に作用する荷重等を明らかにすると ともにそれに対する何らかの対策が必要と思われる。 参考文献<sup>2)3)</sup>では、輸送管の足場への取り付けは好 ましくないこととし、やむをえない場合の足場の補



コンクリート圧送実験の概要

強方法を示しているが、作用荷重の大きさ等の具体 的数値は示されていない。

そこで,打設時に足場に作用する荷重等を明らか にするため,実大の足場を用いて模擬実験を行うと ともに,得られた荷重に対し,足場の横架材の強度 実験を行ってその安全性を検討した。

#### 実験方法

#### 2.1 作用荷重に関する実験

実験は,実大の足場に取り付けた輸送管にコンク リートを圧送するとき足場に作用する荷重等を測定 する方法によって行った (Fig. 1)。

圧送方法は、ミキサー車のコンクリートをポンプ 車により輸送管を通して建物屋上まで圧送し、それ をホースにより地上のミキサー車に回収して再度使 用する方法で、実際の打設工程に模擬させた。

コンクリートポンプは、三菱重工業製油圧ピストン式、DC-A900B、最大吐出量 65 m<sup>3</sup>/h、理論吐出 圧力 65 kgf/cm<sup>2</sup> とし、輸送管は、主に長さ 3m の 引き抜き鋼管 (125A-5B) とした。

供試足場は,既設建物に沿って建てた5スパン15 層の枠組足場で,建物屋上から2層の立ち上がり部 分を有するものである。足場構成部材の建枠と交さ

Table 1	Materials of frame-scaffold
	枠組足場の主要材料

	材料と寸法	mm		
建枠	脚柱 JIS G 3444 3 種 STK 500	$42.7 \times 2.5$		
$914 \times$	横架材JIS G 3444 3 種 STK 500	$42.7 \times 2.5$		
$1725 \mathrm{mm}$	補剛材JIS G 3444 2 種 STK 400	$27.2\times~2.0$		
 交さ	JIS G 3444 2 種 STK 400	$21.7 \times 2.0$		
筋かい				



筋かいの材料を Table 1 に示す。

輸送管の配管経路は, Fig. 2 に示すように地上の 水平管から鉛直管を立ち上げ, 屋上で水平管につな ぎ, さらに鉛直管とビニールホースをつないでミキ サー車に回収するものである。この場合, 2 カ所の鉛 直管により水平反力が相殺されて実際の打設時に比 べて水平方向の振動が小さく出る可能性があるので, 一部の実験では屋上の水平管の途中を外した経路に ついても行った。

輸送管の足場への取り付け方法は, Fig. 3 に示す ように, 現場でよく見かけるつり足場用のつりチェー ンを巻き付ける方法を想定したもの (a) と, 特注の 金具により固定する方法でチェーンに比べてかなり 堅固に固定する方法を想定したもの (b) の 2 種類と した。また, 両方法の取り付け位置を Fig. 4 に示す。

輸送管の既設建物への取り付けは,背面の鉛直管 部分の垂直管3カ所をチェーンにより固定した。屋 上の水平管部分,地上の水平管部分は特に固定しな かった。また,輸送管が水平から鉛直に立ち上がる。



曲がり管部分は、一般に大きな荷重を受けるので、座 付きの曲がり管等を用いてアンカー等で堅固に固定 する必要があるとされているが、ここでは、Fig.5に 示すように地面との間に敷角 (150×200 mm)を敷 いて支持する場合と、敷き角なしで特に支持しない 場合との2種類とした。さらに、足場の立ち上がり部 分の駆体への支持方法は、屋上部分での壁つなぎと足



Fig. 5 Support conditions for the lower end of the vertical concrete pipe. 垂直輸送管下端の支持方法





場最上端での単管による控えの有無の組み合わせに よる Fig. 6 の 4 種類とした。

コンクリートは, 呼び強度 240 kgf/cm<sup>2</sup>, 粗骨材 の最大寸法 20 mm のレディミクストコンクリート でスランプを 18 cm と 10 cm の 2 種類とした。

実験は、上記の条件のうち、輸送管の足場への取り付け方法を条件1 (Fig. 3 の a と b)、輸送管の立



Fig. 7 Setting points of sensors. 荷重等の測定位置

Table 2 Summary of experimental conditions. 実験条件

実験	実験条件				実験	実験条件			
記号	1	2	3	スランプ	記号	1	2	3	スランプ
Α	а	с	f	18 cm	L	b	d	g	18 cm
В	a	c	e	18	Μ	b	d	h	18
C	a	с	h	18	Ν	b	c	h	18
D	a	с	g	18	0	b	c	g	18
$\mathbf{E}$	a	d	g	18	Р	b	c	e	18
F	a	d	h	18	Q	Ь	c	f	18
G	a	d	e	18	R	a	c	f	10
Н	a	d	f	18	S	a	c	f	10
Ι	a	d	f	18	Т	a	с	е	10
J	b	d	f	18	U	a	с	g	10
К	b	d	е	18	V	a	с	h	10

実験条件 1 a, b: Fig. 3 の (a), (b)

2 c, d: Fig. 5の(c), (d)

3 e. f, g, h: Fig. 6 の (e), (f), (g), (h)

ち上がり部の支持方法を条件 2 (Fig. 5 の c と d), 足場の立ち上がり部分の支持方法を条件 3 (Fig. 6 の e~h) として,それら及びスランプを Table 2 のよ うに組合せた場合のそれぞれについて,吐出量を 23, 30, 37, 44, 55, 65 m<sup>3</sup>/h の 6 段階に変えて行い,1 回の実験におけるポンプの吐出数は,5~7 とした。

測定は、①輸送管内の圧力、②足場の壁つなぎの

軸力,③足場の支柱の軸力,④輸送管を足場に取付 けるつりチェーンの張力,⑤足場の横架材の応力,⑥ 足場及び輸送管の変位及び加速度について行った。輸 送管内の圧力の測定点を Fig. 2 に,その他の荷重等 の測定点を Fig. 7 に示す。

各量の検出方法は,輸送管内の圧力は輸送管の内 壁に取り付けた圧力計により,足場の壁つなぎの軸 力はストレインゲージを貼った壁つなぎ金具により, 及び横架材の応力は Fig. 3(a) に示す位置の上下の表 面に貼ったストレインゲージにより検出した。また, 支柱の軸力は Fig. 5 に示すように支柱下端に取り付 けた圧縮荷重計により,つりチェーンの張力は Fig. 3(a) に示すように引張荷重計により検出した。

検出したデータは、サンプリング周波数 200 Hz で AD 変換し、磁気テープに収録した。

#### 2.2 横架材の強度実験

前節の実験の結果明らかになった足場の横架材へ の作用荷重に対し足場の強度を確認するため,強度 実験を行った。実験は,Fig.8に示すように,油圧 型アクチュエータ(東京衛機製造所製,定格荷重容 量 20 tf)を用いて足場の横架材に正弦波荷重制御に よる繰り返し荷重を与えたときの,足場の変形,破 壊状況を観察するとともに横架材の応力を測定した。

供試体は,作用荷重の実験に用いた足場と同じ型 式の枠組を Fig. 9 に示す3種類の構造に組み上げた ものとした。繰り返し荷重の上限・下限値は,作用荷 重に関する実験の結果から得られたつりチェーンの 張力の最大・最小値とし,また,加力点は,現場での つりチェーン位置を想定した位置とし,加力方向は 下向きとした。繰り返しの周波数は0.5 Hz とし, – 部の実験では2 Hz に設定した。

横架材の応力は, Fig. 10 に示す位置に貼ったスト レインゲージにより検出した。

## 3. 実験結果

#### 3.1 作用荷重に関する実験

振動の状況

コンクリートの輸送に伴って、輸送管及び足場。 鉛直及び水平方向の振動が観察された。輸送管の計 動は、足場への輸送管の取り付け方法により多少量 なり、チェーンによるものでは比較的足場と離れて 別の動きをするのに対し、金具によるものでは比較 コンクリートポンプ工法において足場に作用する荷重



Fig. 8 Outline of cycle load test for ledger of frame. 横架材の荷重試験方法の概要



的足場と一体となって振動した。足場の振動は, 輸送管の取り付けられた建枠で大きく, 取付部から遠 ざかるにつれて減衰する傾向が見受けられた。また, これらの振動は, 吐出量が大きいほど大きかった。



Fig. 10 Arrangement of wire strain gauge for ledger. 横架材の歪ゲージ位置

# 2) 荷重等の経時変化について

Fig. 11 は、1 回の実験における壁つなぎ軸力、チ ェーン張力、支柱軸力及び横架材の応力の経時変化の 例で、吐出量 65 m<sup>3</sup>/h のときのもの(実験記号 S) である。各波形とも吐出時の衝撃とそれに続く減衰の 繰り返しからなっている。繰り返しの周期は、コンク リートポンプの吐出間隔に一致するものと思われる が、吐出量の増加につれて減少し、吐出量 23 m<sup>3</sup>/h で約 6 秒、65 m<sup>3</sup>/h で約 2 秒であった。

また, Fig. 12 は,壁つなぎ軸力,支柱圧縮力及び 配管圧力について,衝撃部分の波形を周波数分析し た例であるが,これによれば,周波数成分は 10 Hz 以下であり,卓越周波数は 2~5 Hz 付近にある。な お,データは省略するが周波数分布は吐出量にほと んど関係がなかった。









# 3) 輸送管の管内圧力について

Fig. 13 は,輸送管内の 3 カ所の測定点 P1, P2, P3 における 1 吐出周期の圧力波形の例で,吐出量 65 m<sup>3</sup>/h の場合である。同図において,  $P_a$  を第一 波の最大値,  $P_b$  を第二波の最大値,  $P_c$  を滅衰後の 定常値,  $P_d$  を最小値とすれば,測定点がポンプから



Fig. 13 Variations with time of concrete pipe pressure. 管内圧力の時間的変化



Fig. 14 Relation between concrete pipe pressure and concrete volume per hour. 管内圧力と吐出量の関係

– 58 –





遠ざかるほど  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  とも小さくなり, データは 省略するが,  $P_a/P_b$  や  $P_a/P_c$  も小さくなることが 示された。

また, Fig. 14 は, スランプを除いた実験条件が同 ーの 2 つの実験 A 及び S について, P1 点の  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$ ,  $P_d$  と吐出量の関係を見たものである。同図 によれば, 吐出量が増加すると,  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  は増加 するが,  $P_d$  はあまり変わらない。また, 吐出量が等 しい場合,  $P_a$  はスランプが大きい方が,  $P_c$  は逆に スランプが小さい方が, それぞれ大きいとみられる。 なお, 上記の管内圧力に関する所見は文献 3) の付録 7. コンクリートポンプ車による特定配合コンクリー ト圧送実験報告書の結果にほぼ一致している。

4) 足場に作用する荷重等

Fig. 15 は, スランプが異なる実験 A と S の場合 の壁つなぎ軸力 (T1), 支柱圧縮力 (S1), つりチェー ン張力 (C4), 横架材の応力 (B3) 及び支柱圧縮力の 4 点 (S1~S4), つりチェーン張力の 4 点 (C1~C4) それぞれの合計値について, 1 吐出周期における最大 値, 最小値, 平均値 (いずれも 3 回の平均値) と吐 出量の関係をみたものである。

同図によれば、鉛直方向の作用荷重に関連する支





柱圧縮力 (b), つりチェーン張力 (c), 横架材応力 (d) は, 吐出量が増しても最小値はあまり変わらないが, 最大値はほぼ直線的に増加し, *P-P* (最大-最小) 値 は増加する。また, これらの荷重等に及ぼすスランプ の影響をみると, 最大値はいずれもスランプ 18 cm の方が大きい。一方, 水平方向の作用荷重に関連す る壁つなぎ軸力 (a) は, 吐出量が増しても各値とも 横ばいか減少し, *P-P* 値は多少増加する程度であり, スランプ 18 cm に比べ 10 cm の場合の方が大きい ことがわかる。また、同図の (e), (f) によれば、支柱 圧縮力の合力とつりチェーン張力の合力がほぼ等し いことから、つりチェーンを介して足場に伝わった 荷重の大半が荷重を測定した4本の支柱に作用した こと、及び、全体で最大3 tf 程度の鉛直方向の荷重 が足場に作用したことがわかる。さらに、データは 省略するが、壁つなぎ軸力の測定点9点の合計値か ら全体で 300 kgf 程度の水平荷重が作用したことが わかった。

次に,実験条件と各量の関係を調べるため,全実 験の P-P 値,最大値または最小値を比較した。P-P 値と最大(最小)値に着目したのは,振動の定量化に おいて,前者は荷重や変形の動的成分の強さを,後 者はその上(下)限をとらえる場合の指標になると 考えたからである。

Fig. 16 は、主な測定量について、*P-P* 値と吐出 量との関係を見た例で、Table 3 には全結果を示し た。同表の「*P-P* 値」の欄は、同一吐出量における *P-P* 値が比較的大きい値を示すときと比較的小さい 値を示すときの実験記号、及び *P-P* 値の最大値と そのときの実験記号を調べたものである。また、「最 大値」、「最小値」の欄は吐出量に関係なく最大値、最 小値とそのときの実験記号を整理したものであるが、 大部分が吐出量 65 m<sup>3</sup>/h の場合のものである。なお、 支柱圧縮力、つりチェーン張力及び配管圧力は、最 大値が重要であるので最小値は省略した。

これらを分析した結果,実験条件とそれぞれの値 の間には次のような傾向が認められた。

(1) 壁つなぎの軸力

壁つなぎの軸力は,足場の上方ほど,また,配管 取付け部に近いほど大きい。

P-P値は, 測定点 T1~T3 では実験 G, P, Q, I などの場合に, T4~T9 では N, V, O などの場合に 大きいことから, 前者では条件 3 (足場の立ち上がり 部の支持方法: Fig. 6 参照) が e 及び f の場合に, 後 者では同じく g 及び h の場合に P-P値が大きいと いえる。これは, e 及び f の場合は測定点 T1~T3 が 存在するが, g 及び h の場合は壁つなぎを設けてい ないことから, 当然の結果といえる。

最大値(引張力の最大値)は実験 P の測定点 T5 で105 kgf, 最小値(圧縮力の最大値)は実験 P の測 定点 T2 で194 kgf であった。

(2) 枠組の支柱(脚柱)の圧縮力

脚柱の圧縮力は、4 箇所の測定値にばらつきがある が、これは、組立時における支柱下端のジャッキベー スの締め具合の不整によるものと思われる。

*P-P*値は実験Q,P,Oなどの場合に大きく, R,S,Uなどの場合に小さいことから,条件1(Fig. 3参照)がbで条件2(Fig.5参照)がcのとき,及 び,同様に条件の組み合わせがa,dのときに大きく, 条件の組み合わせがa,cでかつスランプが10 cmの 場合に小さいといえる。また,最大値は実験Qの場合の測定点S1において測定され,自重を除いて2132kgfであった。

(3) つりチェーンの張力

つりチェーンの張力は、4 カ所の測定値のばらつき が大きい。これは、組立時におけるチェーンの張り 具合の不整のためと思われる。

*P-P* 値は, 測定点により異なり, 例えば C2 では 実験 R, S, T, U, V, C4 では実験 A, B, C, D の場 合などに大きいが, 4 点の合計値の比較では条件によ る差はあまりなかった (データ省略)。また, 最大値 は実験 D の場合の C4 における 2175 kgf であった。 (4) 枠組の横架材の応力

○横架材の応力は、ゲージを貼った断面の上下端で 異符号で、かつほぼ等量の値を示すことから、枠の 構面内には曲げ応力が生じている。

*P-P*値は測定点により異なり,例えば測定点 B3 では実験A,B,C,Dの場合,B1ではP,O,Nの場 合などに大きい。応力の最大値,最小値は,それぞれ 測定点B3の下側で実験Dの3804 kgf/cm<sup>2</sup>(引張), 同上側でAの-3287 kgf/cm<sup>2</sup>(圧縮)であった。

なお,実験後,建枠の輸送管の取り付け部におい ては,横架材の断面に永久変形が観察された。

(5) 輸送管の加速度

輸送管上端の加速度の *P-P* 値は, 水平 X 方向 (Fig. 7 参照) では, 実験 B, C, Eの場合, 鉛直方向 では C, D, E などの場合に大きい。最大(最小)値 は, 水平方向ではそれぞれ B のとき 3.3G, D のとき -3.4G, 鉛直方向については, 測定途中 ±5G でス ケールオーバーしたため正確には測定出来なかった が, 6G 程度以上と推定される。

(6) 足場の加速度

足場の加速度は、水平 X 方向(Fig. 7 参照)の *P-P* 値は実験 I, P などで大きく, S, T などで小さ い。最大(最小)値は、いずれも測定点 D1 で実験 N のとき 1.8G, -1.6G である。鉛直方向の *P-P* 値 は, I, P, Q などで大きく, 最大(最小)値は, 測定 点 D2 で実験 Q のとき 2.4G, -3.1G である。

(7) 足場の変位

足場の水平 X 方向 (Fig. 7 参照) の変位は, *P-P* 値では実験 N, O などの場合に大きく, K の場合に 小さい。最大(最小)値は測定点 E2 において観測 され,実験 F の場合最大 2.4 cm, 同 Q の場合最小 -5.1 cm であった。

# 産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-93

						昆士体		目山は		
測定量	測定点	大きい場合	小さい場合	1	<b>P-P</b> 値の 最大値	Ĩ	<b>菆</b> て旭		可又小小胆.	
壁つなぎ軸力	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9	GIPQR APQ JQRS NOV NOP FMN GHO FGO EFIQ	BJKT JKT B BL ABJST EJKST BJTU KM KMRTU	I QSNNF00I	(kgf) 148 158 102 179 181 58 80 61 16	Q Q Q N P P T O D	(kgf) 87 95 34 90 105 29 66 45 5	P P O O I G N	$\begin{array}{c} (\rm kgf) \\ -140 \\ -194 \\ -116 \\ -114 \\ -111 \\ -59 \\ -45 \\ -18 \\ -16 \end{array}$	
支柱圧縮力	S1 S2 S3 S4	MOP FGI AHIPV PQV	RSUV KRSUV KLS GIJKV	O I V V	(kgf) 1812 649 741 450	Q E V O	(kgf) 2132 651 783 506			
つりチェーン 張力	C1 C2 C3 C4	FGI RV IR AC	RSUV AEFGR ACSTU RS	I N I D	(kgf) 661 1266 212 1996	I V Q D	(kgf) 542 1089 488 2175			
横架材応力	B1上 下 B2上 下 B3上 下 B4上 下	ONP FO PNO OPN AC ABCD NO NO	TU KJ TUV TUV KLMPQ PQL Q Q	O O P O C D N D	$\begin{array}{c} (\rm kgf/cm^2) \\ 2036 \\ 1960 \\ 959 \\ 1221 \\ 3437 \\ 3484 \\ 1266 \\ 1996 \end{array}$	(k O P D M	gf/cm <sup>2</sup> ) 1504 — 1292 — 3804 — 1256	(k V O A N	gf/cm <sup>2</sup> ) -1693 -710 - -3287 - -1126 -	
配管圧力	P1 P2 P3	FGHI AGIQ GHIOP	KRSTU MRUV R	H I O	$(kgf/cm^2)$ 26.8 14.3 7.2	(k H I O	$ m gf/cm^2) \ 27.5 \ 14.1 \ 6.5$			
足場加速度	D1(X) D2(X) D2(Y)	GINOP QPI IPQR	JKLMR ST · STUV	N D Q	$(G) \\ 3.4 \\ 2.2 \\ 5.6$	N D Q	(G) 1.8 1.2 2.4	N I Q	(G) -1.6 -1.3 -3.1	
配管加速度	F1(X) F1(Y)	BCEFH CDEHA	RSTU RSU	F スケ-	(G) 6.4 -ルオーバー	В	$(G) \\ 3.3 \\ > 5$	D	(G) -3.4 > 5	
足場変位	E1 E2 E3 E4	N NG N NO	BKT KS ABJKR KJLT	N N N N	(cm) 2.5 2.9 1.6 0.8	V F V H	(cm) 1.8 2.4 0.5 0.8	0000	(cm) -3.1 -5.1 -3.1 -0.9	

# Table 3P-P values, maximum and minimum of measures.測定値の P-P値,最大値および最小値

(注) 「*P-P*値」,「最大値」,「最小値」欄のアルファベットは,実験記号を表わす。また,「大きい場 合」,「小さい場合」欄は実験記号を列挙したものを表す。 以上を総括すれば、足場に作用する荷重や応力は 水平方向に比べ鉛直方向で大きい。また、 P-P 値や 最大(最小)値については、輸送管を取付金具により 取り付け、かつ、鉛直管の下端を支持しない場合や、 輸送管をつりチェーンにより取り付け、かつ鉛直管 の下端を角材で支持する場合、またはスランプが大 きいときに比較的大きいといえる。一方、足場の変 形は、足場の立ち上がり部が支持されていないとき 比較的大きく、当然のことながら屋上部分の壁つな ぎがない場合に揺れが大きくなるようである。また、 駆体屋上の水平配管の途中を外した場合の実験デー タについて、配管を接続した場合と P-P 値を比較 したが、有意な差は得られなかった。

# 3.2 横架材の強度実験

本実験では、作用荷重等に関する実験の結果明ら かになったつりチェーンの張力値を参考に、横架材へ の繰り返し荷重実験を行ったもので、実験条件と実 験結果を Table 4 に示す。繰り返し荷重の上限・下 限荷重値は、つりチェーン張力の最大値と最小値(実 験 D の測定点 C4 の実測値)を参考に設定したもの である。

荷重の繰り返しに伴う枠組の損傷の状況は,供試体により多少の違いはあるが,概ね,繰り返し数200~500でFig. 17の挿図に示す加力した建枠の溶接部分①に亀裂が発生し,続いて②,③,④,⑥等に亀裂が発生して発達し,最終的に加力点の⑤が曲げ破断した。なお,加力した建枠以外の建枠にはほとんど損傷は見うけられなかった。

Fig. 17 は、加力点の変位と繰り返し数の関係の一 例で、上方の点線は各繰り返し毎の最大値を、下方 の点線は同じく最小値を、それぞれ結んだものであ り、また実線はそれらの平均値を結んだものである。 同図からは、繰り返し数の増加につれて損傷が進展 し、それとともに加力点の変位が徐々に増大し、最 終的な破断に至ったことがわかる。

加力点が破断したときの繰り返し数は,1149~ 10982 と大きくばらついている。これは,上述した 溶接箇所が順次亀裂破壊する過程において,溶接部 分の強度にばらつきがあるため,それが加力点の曲 げ応力,ひいては最終的な破断までの繰り返し回数 のばらつきをもたらしたと推定される。また,今回 のデータからは,供試体の構造,加力点の位置,繰り 返しの周波数などとの相関は見受けられない。なお, 
 Table 4
 Summary of experimental conditions and results for ledger.

横架材に対する強度実験の条件と結果

采	* 堪	** V	繰り	破断時の		
甹	置	$\hat{cm}$	周波数	上限值	下限值	繰り返し数
1	Α	7	2 Hz	2 tf	$0.2  { m tf}$	1571
2	Α	7	2	2	0.2	3228
3	Α	7	2	2	0.2	2964
4	A	7	0.5	2	0.2	5811
5	Α	7	0.5	2	0.2	4907
6	Α	7	2	2	0.2	1149
7	Α	7	0.5	2	0.2	4472
8	Α	7	0.5	2.3	0.5	4311
9	Α	7	0.5	2.3	0.5	2432
10	Α	7	0.5	2.3	0.5	5208
11	В	7	0.5	2	0.2	8161
12	С	13	0.5	2	0.2	3347
13	C	13	0.5	2	0.2	3074
14	С	6	0.5	2	0.2	10982

\* 供試体の構造, Fig. 9 参照

\*\* 加力点の位置, Fig. 10の X

横架材が破断した繰り返し数は、コンクリートポン プの吐出周期から計算すると 5~16 時間に相当する。

Fig. 18 は、横架材の歪の繰り返し波形における最 大値、最小値と繰り返しの数の関係の一例であるが、 部材の上側と下側の歪がほぼ対象になっており、部材 に曲げが生じていることがわかる。また、繰り返し数 が少ないうちから G2 の下側で材料の降伏点に相当 する 2000 × 10<sup>-6</sup> の歪が生じていることがわかる。

以上,作用荷重に関する実験から得られた荷重を 横架材への繰り返し荷重として与えた結果,ポンプ の吐出量が65 m<sup>3</sup>/hの場合,5~16時間の使用によ り枠の横架材が破断することが明らかになった。

## 4. 考察

以上の結果をもとに足場各部の強度について検討 し、安全上の留意点について考察する。

1) 壁つなぎ

壁つなぎ用金具の強度は、労働省の構造規格では 引張、圧縮ともに 900 kgf 以上とされている。通常 の設計では安全率を 2 とした 450 kgf を許容荷重と し、風荷重などを考慮して壁つなぎの配置を決定し



Fig. 17 Relation between displacement of load point and number of cycles in cycle load test. 繰り返し荷重試験における加力点変位と繰り返 し数の関係の例 (Table 4 の実験番号 12)

ている。今回の実測最大値は約 200 kgf なので,安 全上問題はないが,強風が予測される場合には,両 荷重が組み合わさって作用するものとして設計する 必要がある。また,輸送管を取り付けた建枠には必 ず壁つなぎを設け,かつその周辺の壁つなぎ間隔を 通常より密にすることが必要と思われる。なお,文 献 3)では,コンクリート打設階の水平配管による吐 出反力に対処するため,足場と駆体間に補強トラス を設けることを提案している。

2) 枠組の支柱

鉛直荷重に対する建枠の強度は、労働省の構造規 格によれば一枠当たり、7.5 tf以上である。また、建 枠をジャッキベースと組み合わせ、かつジャッキベー スを最大に繰り出した状態の許容支持力は、実験結 果などをもとに安全率を2として 3.8 tf とされてい る。これより、脚柱1本当たりの許容支持力は 1.9 tf となる。

これに対し、本実験における実測値の最大は 2.13 tf であり、許容支持力を越えていることになる。また、



Fig. 18 Relation between strains of ledger and number of cycles. 横架材の歪と繰り返し数の関係の例 (Table 4 の実験番号 12)

実測値に含まれていない自重や積載荷重及びジャッキ の調節不整によるばらつきを考慮すると,現場での 実際の作用力は許容支持力を大きく上回ることも考 えられる。

しかし、この荷重は瞬間荷重であること、一部の 脚柱への部分荷重であること、及び安全率をみてい ることから、脚柱が即、座屈することはないと思わ れるが、繰り返し荷重であることから、疲労による 強度の低下が考えられるので、打設が長時間にわた る場合にはなんらかの対策が必要である。

安全対策としては,多くの支柱に荷重が分散する ように,ジャッキを出来るだけ正確に調節して荷重を 分散させると同時に,場合によっては支柱を補強す る必要がある。

3) つりチェーン

配管のつり材に用いたつり足場用のつりチェーン 1本当りの強度は、労働省の構造規格によれば 1.6 tf 以上である。これに対し実測した最大値は 2.18 tf で あるから、1本のみの使用では破断するおそれがあ る。また、締め具合の不整により特定のつりチェー ンに荷重が集中し、さらに大きな張力になるおそれ があるので、施工に際しては、十分な安全率を有す るようつりチェーンの本数を増やすとともに、巻き 付け回数を多くすること、1カ所当たりの負担荷重が なるべく均等になるようつりチェーンの張り具合を 調整することなどが重要である。

# 4) 枠組の横架材

横架材に用いた材料の引張強度及び降伏点は,JIS 規格によれば、それぞれ5100 kgf/cm<sup>2</sup> 以上及び3600 kgf/cm<sup>2</sup> 以上である。これに対し、横架材の曲げに よって生じた歪の実測値から計算した応力度の最大 値は、測定点 B3 の引張側において約3800 kgf/cm<sup>2</sup> である。すなわち、横架材には降伏点を越える応力 が繰り返し作用していたものと推測される。

このことは,実験後に横架材断面に残留変形が見 られたこと,及び,横架材の強度実験結果からも明 らかである。

安全対策としては、輸送管の横架材への取り付け 箇所1カ所当たりの作用荷重を極力小さくすること が重要で、そのためには、つりチェーンの項で述べ た措置をとることと併せて、横架材の補強が必要で ある。

以上に検討したように、作業足場を用いて輸送管 を支持することには足場各部の強度上多くの問題が あり、できれば別の方法で支持することが望ましい。 やむをえず足場を支持物として用いる場合は、それ ぞれの項で述べた措置を講ずる必要がある。

#### 5. おわりに

作業足場をコンクリート輸送管の支持構造物とし た場合に足場に作用する荷重等について,また,建 枠の横架材の強度について,それぞれ実大実験を行っ た。各種の条件と荷重等の関係を十分に解明するこ とは出来なかったが,足場にはコンクリート圧送時 に,特に鉛直方向に大きな衝撃荷重が作用し,一部 の部材に過大な応力が生じており,損傷や破壊につ ながるおそれがあることが判明した。

安全対策としては、次のことが考えられる。

 足場を支持構造物としないことが先ず第一の対 策である。ブーム付きポンプ車を用いる方法や、 建物の既設部分を利用して金物を取り付け、こ れに輸送管を取り付ける方法など足場に負担の かからない圧送方法を用いる。やむをえず足場 を利用する場合は次の点に留意する。

- 2) 輸送管を取り付けた枠組及びその両隣の枠組の 支柱には自重や積載荷重のほかに支柱1本当り 2 tf,取り付け部分の横架材には1カ所当り2 tf 程度の衝撃荷重がかかるものとして設計し,ま たは補強する。
- 荷重が分散するように取り付け箇所をなるべく 多くするとともに、各部材に均等に荷重がかか るようジャッキベースの締め具合やつりチェーン の張り具合を調整する。
  - さらに、圧送に際しては
- 4) 足場に作用する荷重等は圧送圧力に比例して増 大するので、ポンプの吐出圧をあまり高くしな い。たとえば呼び径 125A の輸送管の場合には、 吐出量を 50 m<sup>3</sup>/h 程度以下とすることが望ま しい。
- 5) 振動による変形やゆるみなどがないか,絶えず 足場各部を点検する。

なお、今回実験に用いたコンクリートのスランプ は18と10 cmの2種類に設定したが、実験時間が 約5時間と長い上に、一度圧送したコンクリートを 回収して再度利用する方法としたため、時間ととも にスランプが変化し、設定値を維持できなかったき らいがある。スランプが測定データに与える影響は かなり大きいと考えられることから、得られた結果 (特にスランプに関する記述)について多少信頼性が 劣ることは否めない。

(平成6年5月17日受理)

## 参考文献

- 1) 仮設工業会, コンクリート配管を建枠に取り付 けた場合の荷重実測結果, 未発表資料 (1985).
- 日本建築学会、コンクリートポンプ工法施工指 針・同解説 (1994).
- 3) 長尾信夫監修、コンクリートポンプ圧送マニュ アル (1986)、全日本コンクリート圧送事業団体 連合会技術委員会.
- 4) 仮設工業会,足場工事実務マニュアル (1992), オーム社.
- 労働省安全衛生部編,安衛法便覧 (1992),労働 基準調査会.