

11 施工計画

「新」単管足場の構造計算書

長野県土木施工管理技士会

北陽建設株式会社

工事部長

荻久保 武志

1. はじめに

アンカー工事やボーリング工事では、単管パイプをクランプで緊結しながら格子状に組み立て、その上に2,500kg程度のボーリングマシンを載せて作業を行うことが通例である。

この仮設構造物は「作業構台」であるが、本論文内ではより一般的な名称の「足場」とする。

図-1では他に、筋交い、根がらみ、等も必要な部材だが省略している。

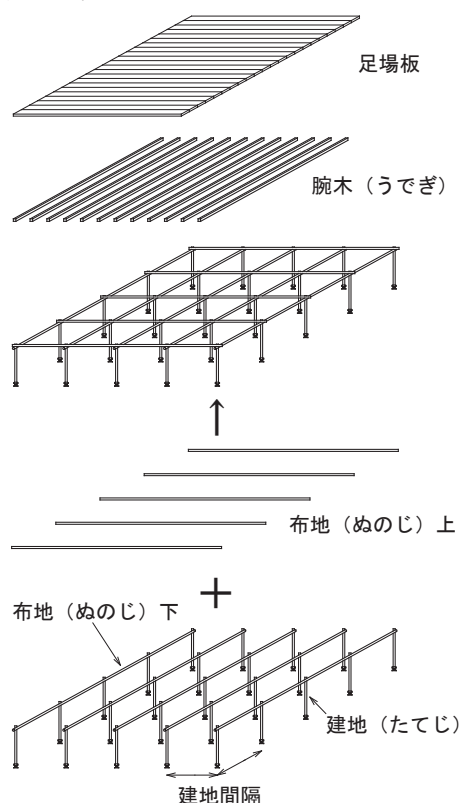


図-1 足場の構造と名称

2. 現場における課題・問題点

足場の構造計算はどの文献にも明確に記載されたものは無く、1㎡あたりの荷重を各部材にあてはめた「計算例」に沿って検討するしかないのが現状である。

実際に組み立てた足場は皆さんが想像する以上に頑丈なものである。以前に技術報告を提出した単管パイプによる乗用車の迂回路や、重量14トンのマシンを足場に載せた事例もある。

従来の計算例は格子状による力の伝わりを考慮しておらず、計算式の根拠が不明な部分もある。そのため過剰に建地間隔を狭くしないと「安定」の計算結果がでない。

足場の構造計算書は必須の提出書類である。現況にそぐわない構造計算を見直し、適切な建地間隔が得られる方法はないか、長い間考えていた。

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

今回、実際に組み立てた足場すべての建地に荷重計を設置して計測することにした。

足場に載せるマシンは、保有している中で最も重量があり底面積の小さいものを使用した。実測重量は2,658kg、底面の幅1.28m、長さ1.90m。

実験は自社建物内の天井クレーンで常に玉掛けされている状態で行い、監督者の指示のもと安全に配慮して行った。

建地間隔を1.0mとし、上から見た図の網掛け部

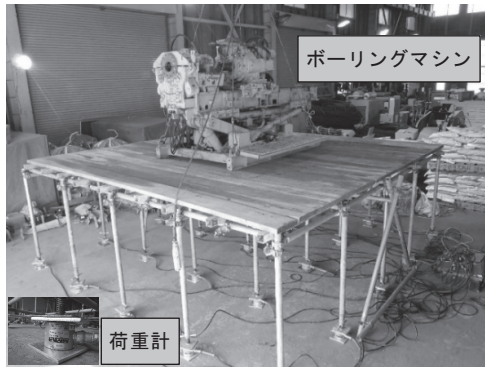


図-2 荷重計測状況

分にマシンを載せて荷重を計測した。すると黒い9本の建地以外は数本に最大でも50kg程度と、ほぼ荷重がかかっていないことが判明した。

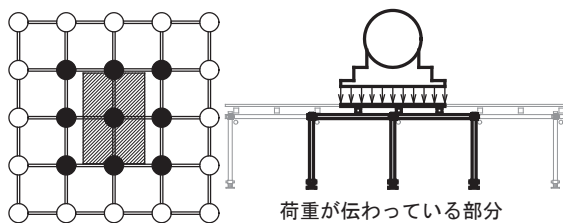


図-3 荷重のかかっている建地

自分は25本すべての建地にある程度平均な荷重がかかるものと想像していたが、荷重の伝わる範囲は明確に分かれる結果となった。

このことから布地の単管パイプは直接荷重がかかっていない限り、クランプで接続した箇所から先に荷重が伝わらないと考えることができる。

その後、建地間隔を1.3m、1.5m、2.0mと広げて同様に計測すると、9本の建地にかかる荷重に一定の規則性が現れた。

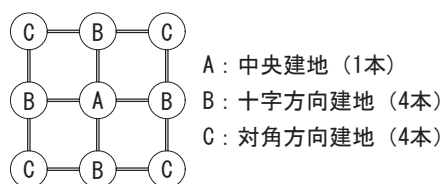


図-4 建地（9本）の名称

わかりやすく9本すべてにかかっている荷重の合計を100%とし、その割合で記載する。

A中央建地にかかる荷重は、建地間隔が広くなるにつれて17%→21%→34%→48%と大きくなった。

B十字方向4本は、建地間隔にかかわらず一律で、平均1本あたり12～13%であった。

C対角方向4本は、平均1本あたり8%→7%

→4%→1%と減少していた。

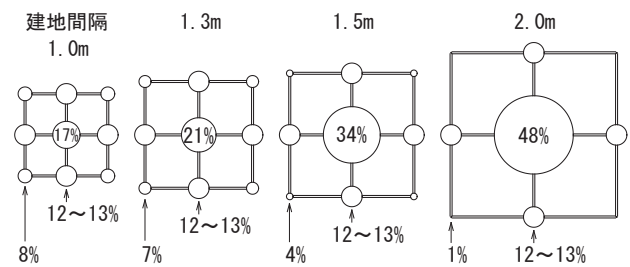


図-5 荷重割合を○の大きさで表した模式図

建地間隔2.0mではほぼ5本の建地で荷重を受け持ち、Aには約半分の荷重がかかっていることがわかる。

この規則性をもとに、新計算では「荷重の負担割合」という考えで建地にかかる荷重を算出する。

まず、Bは建地間隔にかかわらず4本で50%、1本あたり12.5%の荷重を負担する。

Aが負担する荷重は、直線回帰式を求めることで建地間隔 $\times 0.328 - 0.177$ となる。

Cが負担する荷重は $(50\% - A) / 4$ となる。

例として、マシン重量3,000kg、建地間隔1.2mで計算すると、建地1本あたりにかかる荷重はこのような結果となる。

$$A : 1.2\text{m} \times 0.328 - 0.177 = 0.217 \quad (21.7\%)$$

$$3,000\text{kg} \times 21.7\% = 651\text{kg}$$

$$B : 3,000\text{kg} \times 12.5\% = 375\text{kg}$$

$$C : (50\% - 21.7\%) / 4 = 7.075\%$$

$$3,000\text{kg} \times 7.075\% = 212.25\text{kg}$$

ここからは差が出るケースを選んでしまうが、建地間隔を1.2mとした場合の新計算結果について、各部材にかかる荷重を従来計算例と比較する。

○建地（1本にかかる最大荷重）

実験では建地の長さを1.2mとした。実際の現場でも1段の高さはこれ以下とすることがほとんどである。1本の建地にかかる荷重は、従来計算例の約37%となる。

○布地（建地間にかかる最大荷重）

下の布地は直接荷重がかかっていないことから力は伝わらない。布地にかかる荷重は、腕木が直

接載っている上の布地A～B間で最大となる。

Aは布地、腕木、それぞれ2方向の荷重が伝わっている布地にかかる荷重は1／4となる。Bの荷重負担割合12.5%は、他に荷重が伝わる箇所がないためすべて布地にかかっていることとなる。よって布地にかかる最大荷重は、A／4+Bとなる。

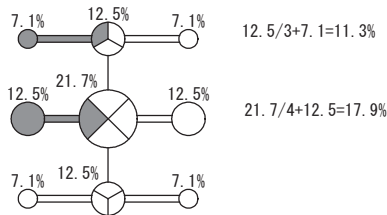


図-6 布地の荷重負担割合（建地間隔1.2m）

3,000kgの荷重なら $3,000 \times 17.9\% = 537\text{kg}$ がA～B間の布地にかかっていることとなる。

その荷重を等分布荷重に置き換え、応力度を算出する。従来計算例では単純梁としているが、布地の両端はクランプで固定されているため、新計算は固定梁と考えることとした。

せん断応力度は従来計算例の約61%、曲げ応力度は約41%となる。

○腕木（布地間にかかる最大荷重）

従来計算例と同様の考え方とした。マシン1㎡あたりの荷重を布地間隔の単純梁として算出する。従来計算例と同値である。

○足場板（腕木間にかかる最大荷重）

足場板についてもマシン1㎡あたりの荷重を腕木間隔の単純梁として算出する。従来計算例は安全側の状態ということで集中荷重として算出しているが、新計算は等分布荷重で統一する考えとし、約50%となった。

表-1 各部材へかかる荷重の計算結果比較

部材	検討項目	新計算／計算例（%）
建地	座屈	36.60
布地	せん断応力度	60.59
	曲げ応力度	40.50
腕木	せん断応力度	100.00
	曲げ応力度	100.00
足場板	せん断応力度	100.00
	曲げ応力度	49.85

新計算は9本の建地の中心にマシンを設置した場合だが、位置によっては偏った荷重となり荷重負担割合の考えは適用できないのでは？と疑問が生じる。実験ではマシンを足場端中心、足場端にも設置して計測した。

結果、建地1本にかかる最大荷重はほとんど変わらなかった。ただし、すべての荷重を9本以下の建地で負担するため、主に端部に近い建地から荷重の増加がみられた。

このように足場の端部にマシンがある場合、布地にかかる荷重は増加するため、新計算は適用できない。実際は手すりがあるので設置できないが、現場でも端部建地の真上にマシンを置くことは避けるべきである。



図-7 足場端部へのマシン設置

マシン幅より建地間隔が広い場合も9本の建地に荷重が伝わらない。純粹に布地に荷重をかけてみたかったこともあり、足場板、腕木を外して建地間隔1.3mの間の布地に、幅1.28mのマシンを直接設置した。



図-8 マシン幅より建地間隔が広い場合

結果、全体の約90%の荷重を4本の建地で負担していた。この場合マシンを乗せた布地2本にすべての荷重がかかるため新計算は適用できない。

実際マシンは足場に載ったがぐらつきもみられ、かなり不安定な状態であった。

このくらい重量のあるマシンでは最低1本の建地がマシン底面の下に入るように、建地間隔はマシン幅以下とする必要があると考えられる。

更に、実験を通して確認できた事もある。

○衝撃係数

荷重の計測は1秒間隔で連続したデータを取得する方法とした。このため、マシンを足場上に載せて安定するまでの荷重の変化も取得できた。

最大荷重／安定荷重を衝撃係数とすると、実験での最大値は1.21であった。足場の構造計算では衝撃係数を1.3とするのが妥当と考えられる。

○たわみ

実験では腕木の角パイプ、布地の単管パイプのたわみ（建地間隔中心の鉛直方向の変位量）も同時に計測した。



図-9 変位計によるたわみの計測

最大で30mmの変位が計測されたが、実験後の各部材に永久的な変形はみられなかった。

従来計算例では腕木のたわみについても検討し、5mm以内という厳しい基準値を設けている。曲げ応力度が許容値内であれば、たわみはその過程にあるものなので、足場の構造計算ではたわみの計算は不要と考えられる。

最後に、構造計算結果によって実際の現場ではどのような違いが出るか比較してみる。

マシン重量2,900kg、底面積2.43㎡、その他機材、作業員重量500kg、衝撃係数割増1.3、合計4,420kgの荷重。

足場は、幅5m、高さ5m、延長40m、体積1,000空㎡。

各々計算すると、新計算では建地間隔が1.2m、従来計算例では0.8mとなった。

この足場を組み立てる際に使用する部材で、数量が変わるものを算出した。比較すると、約半分13トンの部材が新計算では不要となる。

これらの部材を現場まで運搬することもさることながら、人の手で持ち上げ、渡して、組み立

て、解体しているのが現況である・・・。

表-2 計算結果による足場の必要部材比較

部材	単位	新計算	計算例
単管パイプ 長さ5.0m	本	540	892
ジャッキベース	個	170	357
クランプ	個	1,700	3,570
重量計	kg	14,371	27,663
新計算／計算例	%	51.95	100.00

- ・端部建地の真上にマシンを設置しない。
- ・建地間隔はマシン幅以下とする。

新計算はこの2点を考慮することで適用できることが今回の実験で確認できた。

また、格子状の単管足場は荷重が分散されて伝わっており、従来の計算例で用いられている荷重は過剰であることも確認できた。

今後は実際の現場で検証を重ねることに注力し、広く普及されることを願う。

4. おわりに

まず、長い間足場の組み立て解体作業に携わっていただいている方々に感謝とお詫びを申し上げます。その負担を軽減できる確信は前からあったにもかかわらず、このような成果にするまでに時間がかかってしまい、やるせなさを感じています。

また今回の実験には数十万円の費用を要したが、協力していただいた社長、ならびに社員の方には感謝いたします。

自己責任で使用していただく条件であれば、エクセルの「新」単管足場の構造計算書を作成していますのでお問い合わせください。

DXの活用による効率化や省力化も大切であるが、慣例で途方もない労力が消費されている可能性も大いにあります。

日々行っている業務について、疑問や改善する気持ちは多くの人が持っていると思いますが、行動に移せる人はほんの一握りです。誰かが決めた基準やマニュアルに囲まれた部屋にこもっていては新しい景色は見られません、自分の足で部屋から出て歩き出さなくちゃね。