

コンクリートライブラリー135号 コンクリートのポンプ施工指針[2012年版] 正誤表

(第1版・第1刷対応)

2014年2月12日

| 頁 | 行(図表番号) | 誤 | 正 |
|-----------------------------------|---------------------------|--|---|
| (1) | 目次の「1.1 適用の範囲」の上の行 | | 「1章 総則」を挿入 |
| 18 | 表2.1 | 2013年施工編と異なっている表記がある. | 別紙に掲示 |
| 19 | 条文の上から14行目 | Q_d : 時間当りの必要吐出量 (m^3/h) | Q_d : 時間当りの必要吐出量 (m^3/hr) |
| 21 | 下から1行目 | このうち最大値を選んだ・・・ | それぞれの最大値を選んだ・・・ |
| 22 | 上から2~3行目 | 「あるいは、・・・が安全である」という文章を修正する. | あるいは、一般的な圧送条件であっても圧送後に予想されるスランブの値を用いて、図2.1および図2.2の水平管1m当りの管内圧力損失を求めるのが安全である. |
| 23 | 上から7行目 | 「このデータを参考とすると、・・・十分であるといえる。」を差し替える. | このデータを参考として、フレキシブルホースの曲げ方、吐出量、スランブ、管径の条件などが変化した場合でも、経験的に20mとみなしておけば十分であるとされている. |
| 24 | 上から9行目、12行目および17行目 | $T_p = T - T_d$ T: 全圧送作業時間 $Q_n = V/T =$ | $T_p = T - T_d$ d T: 全圧送作業時間 $Q_n = V/dT =$ |
| 24 | 解説 図2.8 | 縦軸のVと横軸のTの添え字がない | $V \rightarrow dV$, $T \rightarrow dT$ に修正 |
| 43 | 下から8行目 | ・・・できる限り曲げ半径が・・・ | ・・・できる限り曲率半径が・・・ |
| 67 | 上から12行目 | ・・・解説 図5.25に示す。」のあとに追加 | なお、シリンダ貫入式コンクリートのポンプは、国内のメーカーにおいては現在製造中止になっている。すべり弁式やシリンダ貫入式の機構に関しては、参考資料編3を参照。 |
| 68 | 解説図5.25 | シリンダ貫入式ポンプの吸入工程の図中の用語「盲蓋」 | 不適切な表現のため「切換え弁」に変更 |
| 69 | 下から1行目 | 最後に文章のあとに改行して加筆する | なお、スランブ8cm以下の低スランブコンクリートの圧送には、シリンダ摺動式のポンプが比較的適しているとされており、その機構は、参考資料編3に記載されている。 |
| 196~204 | 10. コンクリートポンプの機種および台数の選定例 | 細かい間違いが多いため、別紙の差替え版を掲示(なお、差替え版のフォントや書式は前回と同様に等一してください) | |
| 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159 | 右頁の表のブーム仕様の項目の1つ | 水平換算長 | 水平換算距離(ブーム水平時) |

2014年3月10日

| | | | |
|----|--------|-----------|-------------|
| 63 | 解説表5.8 | 100A (5A) | 100A(4B)に修正 |
|----|--------|-----------|-------------|

2015年5月1日

| | | | |
|-----|-------------------|------------|--------------------------|
| 162 | 表5.2と表5.3の間にある算定式 | 応力 | 引張強さ |
| 162 | 表5.2と表5.3の間にある算定式 | 記号の説明あとに追加 | 耐圧力の算定には材料強度に対し安全率2を用いた。 |

(第1版・第1刷~第2刷対応)

2016年8月25日

| | | | |
|----|----------|-----------------|---------------------------|
| 56 | 解説 図5.14 | 125Aと150Aの表記が反対 | 1番右側の直線を150A、次の直線を125Aに修正 |
|----|----------|-----------------|---------------------------|

表2.1 水平換算係数（普通コンクリート）

| 項目 | 単位 | 呼び寸法 | 水平換算係数 |
|-----------|------|--------------------------------|--------------------|
| 上向き垂直管 | 1m当り | 100A (4B) | 3 |
| | | 125A (5B) | 4 |
| | | 150A (6B) | 5 |
| テーパ管* | | 175A→150A | 3 |
| | | 150A→125A | |
| | | 125A→100A | |
| ベント管** | | 角度：90° 曲率半径：0.5m または1.0m | 6 |
| フレキシブルホース | | — | $\frac{20}{L}$ *** |

* テーパ管の水平換算係数は、小さい方の径に対する値である。

** ベント管の水平換算係数は、角度が90°、曲率半径が0.5mまたは1.0mの場合にはベント管1本を長さ1mとみなす。

*** L は、フレキシブルホースの長さ（ $5m \leq L \leq 8m$ ）である。

10.3 土木学会（本指針 2.3.3）の方法による試算結果

(1) 土木学会ポンプの台数と必要理論吐出量の算定

まず、ポンプ1台で施工する場合を想定し、2.3.3（6）に記載される次式を用い、時間当りの必要吐出量 Q_d を算出する。

$$N = {}_dV / (Q_d \times {}_dT \times \eta_w)$$

ここに、 N ：ポンプ台数

${}_dV$ ：1日の打込み量(m³)

Q_d ：時間当りの必要吐出量(m³/hr)

${}_dT$ ：作業時間

η_w ：作業効率（一般的に0.40～0.85）

N （ポンプ台数）を1台とし、 ${}_dV$ （1日の打込み量）は45m³、 ${}_dT$ （作業時間）は3.5hrであり、 η_w （作業効率）を0.4（PC部材，トラックアジテータ2台付：表10.1）と想定すると、 Q_d （時間当りの必要吐出量）は、次のようになる。

$$\begin{aligned} Q_d &= ({}_dV / N) \div {}_dT \div \eta_w \\ &= (45/1) \div 3.5 \div 0.4 \\ &= 32.1 \text{ (m}^3\text{/hr)} \end{aligned}$$

次に、2.3.3（5）に記載される次式を用いて、必要理論吐出量 Q_{th} を算出する。

$$Q_{th} = Q_d / \eta_m$$

ここに、 Q_{th} ：必要理論吐出量(m³/hr)

Q_d ：時間当りの必要吐出量(m³/hr)

η_m ：機械効率（一般的に0.50～0.90）

Q_d （時間当りの必要吐出量）は、32.1m³/hrであり、 η_m （機械効率）を0.8（普通骨材，スランプ15cm，ピストン式：表10.2）と想定すると、 Q_{th} （必要理論吐出量）は次のようになる。

$$\begin{aligned} Q_{th} &= Q_d / \eta_m \\ &= 32.1 / 0.8 \\ &= 40.1 \text{ (m}^3\text{/hr)} \end{aligned}$$

表 10.1 作業効率 η_w (本指針：解説表 2.5)

| 部位 | トラックアジテータ 1台付 | トラックアジテータ 2台付 |
|----------|------------------|------------------|
| スラブ等 | 0.55 | 0.85 |
| 梁 | 0.50 | 0.75 |
| 柱・壁 | 0.45 | 0.65 |
| 接合部・PC部材 | 0.40 | 0.40 |

表 10.2 機械効率 η_m (本指針：解説表 2.4, 解説表 5.9)

| 骨材の種類 | スランプ (cm) | ピストン式 | スクイズ式 |
|-------|--------------|-----------|-----------|
| 普通骨材 | 6～11 | 0.65～0.70 | — |
| | 12～17 | 0.70～0.90 | 0.75～0.90 |
| | 18～21 | 0.85～0.90 | 0.85～0.90 |
| 軽量骨材 | 12～17 | 0.50～0.75 | 0.70～0.80 |
| | 18～21 | 0.80～0.85 | 0.85～0.90 |

以上より、当該施工条件において、ポンプ1台でコンクリートを圧送する場合には、 Q_{tmax} （最大理論吐出量）が40m³/hr以上の性能を有するポンプが必要となる。

(2) 圧送負荷の算定

配管状況およびコンクリートの配合から、ポンプに作用する圧送負荷 P を算定する。

圧送負荷の算定開始点は、図 10.1 に示すものとする¹⁾。

まず、輸送管の径ごとの配管の水平換算距離 L を算出する。

【125A管使用部】

テーパ管：1 m × 1 本（150 A → 125 A）

水平管：10 + 2 + 2 + 40 = 54 m

上向き垂直管：50 + 3 = 53 m

ベント管：6 本（角度 90° 一曲率半径 1.0 m：1 本，角度 90° 一曲率半径 0.5 m：5 本）

$$\text{水平換算距離 } L_{125A} = \{ \underbrace{(1 \times 3)}_{\text{テーパ管の水平換算係数}} + 54 + \underbrace{(53 \times 4)}_{\text{上向き垂直管の水平換算係数}} + \underbrace{(6 \times 6)}_{\text{ベント管の水平換算係数}} \} = 305 \text{ m}$$

【100A管使用部】

テーパ管：1 m（125 A → 100 A）

水平管：4 m

ベント管：1 本（角度 90° 一曲率半径 0.5 m）

フレキシブルホース：8 m

$$\text{水平換算距離 } L_{100A} = \{ \underbrace{(1 \times 3)}_{\text{テーパ管の水平換算係数}} + 4 + \underbrace{(1 \times 6)}_{\text{ベント管の水平換算係数}} + \underbrace{(8 \times 20/8)}_{\text{フレキシブルホースの水平換算係数}} \} = 33 \text{ m}$$

表 10.3 水平換算係数（普通コンクリート）（本指針：表 2.1）

| 項目 | 単位 | 呼び寸法 | 水平換算係数 |
|-----------|--------|-----------------------------------|--------------------|
| 上向き垂直管 | | 100 A (4 B) | 3 |
| | | 125 A (5 B) | 4 |
| | | 150 A (6 B) | 5 |
| テーパ管* | 1 m 当り | 175 A → 150 A | 3 |
| | | 150 A → 125 A | |
| | | 125 A → 100 A | |
| ベント管** | | 角度 90° 曲率半径：0.5 m または 1.0 m | 6 |
| フレキシブルホース | | — | $\frac{20}{L}$ *** |

* テーパ管の水平換算係数は、小さい方の径に対する値である。

** ベント管の水平換算係数は、角度が 90°，曲率半径が 0.5 m または 1.0 m の場合にはベント管 1 本を長さ 1 m とみなす。

*** L は、フレキシブルホースの長さ（5 m ≤ L ≤ 8 m）である。

注) 高性能 AE 減水剤を用いた場合は、図 2.1 と図 2.2 から読み取った値の比率を求め、これを水平換算係数に乗じて求める。

次に、ポンプに作用する圧送負荷を 2.3.3 (2) に掲載される次式により算出する。スランプ 15cm, 必要吐出量 40 m³/hr の時の水平管 1 m 当りの管内圧力損失は、125A (5 B) 管の場合、図 10.2 (本指針：図 2.2) に示すように、0.013N/mm²/m である。100A (4 B) 管の場合は、図 10.3 (本指針：図 2.1) に示すように、圧力損失は 125A の 1.56 倍となり、0.020N/mm²/m となる。

以上の管内圧力損失をもとに、ポンプに作用する圧送負荷 P は、次式により算定される。

$$\begin{aligned}
 \text{ポンプに作用する圧送負荷 } P &= (\text{水平管 1 m 当りの管内圧力損失}) \times (\text{水平換算距離}) \\
 &= \frac{(0.013\text{N/mm}^2/\text{m} \times 305\text{m})}{125\text{A 管使用部}} + \frac{(0.020\text{N/mm}^2/\text{m} \times 33\text{m})}{100\text{A 管使用部}} \\
 &= 3.97 \text{ N/mm}^2 + 0.66 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 4.63 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{必要理論吐出圧力 } P_{th} &= P \times 1.25 \text{ (コンクリートの変動要因や機械的損失を考慮)} \\
 &= 4.63 \times 1.25 \\
 &= 5.79 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

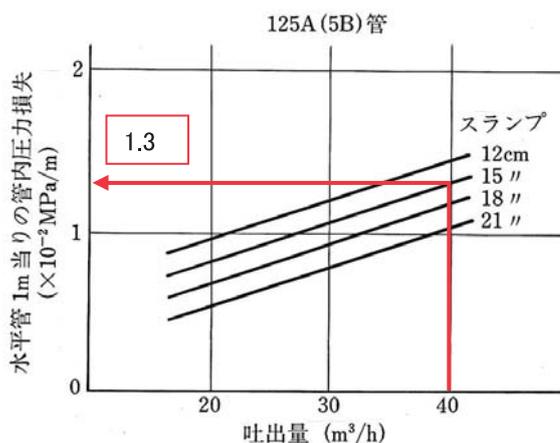
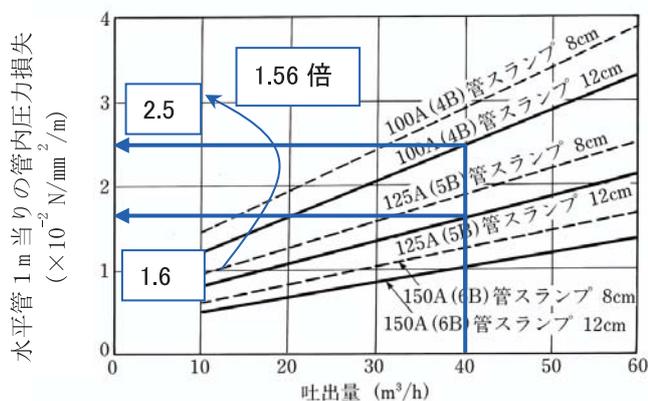


図 10.2 高性能 AE 減水剤を用いた場合の管内圧力損失の標準値 (本指針：図 2.2) (粗骨材の最大寸法が 20~25mm の場合)



図中の値は、単位セメント量が 280~350kg/m³ のコンクリートについて設定したものである。

図 10.3 普通コンクリートの圧送における水平管 1 m 当りの管内圧力損失の標準値 (本指針：図 2.1) (粗骨材最大寸法が 20~25mm の場合)

(3) ポンプの機種選定

算定結果より、「理論吐出量 40m³/hr, 理論吐出圧力 5.79N/mm²」は、ポンプの理論吐出圧力と吐出量の関係グラフ (P-Q線図) にプロットすると図 10.4 の☆印のとおりとなる。この点がポンプのP-Q線図の範囲内となるように、圧送可能な性能を有するポンプ機種を選定する。

たとえば, IHI-IPG125B を選定すると, 算出結果とポンプのP-Q線図との関係は, 図 10.4 のとおりとなり, ☆印がポンプのP-Q線図の高圧仕様時の範囲内に入っている。IHI-IPG125B を使用する場合には, ポンプは高圧仕様に設定しておく必要がある。

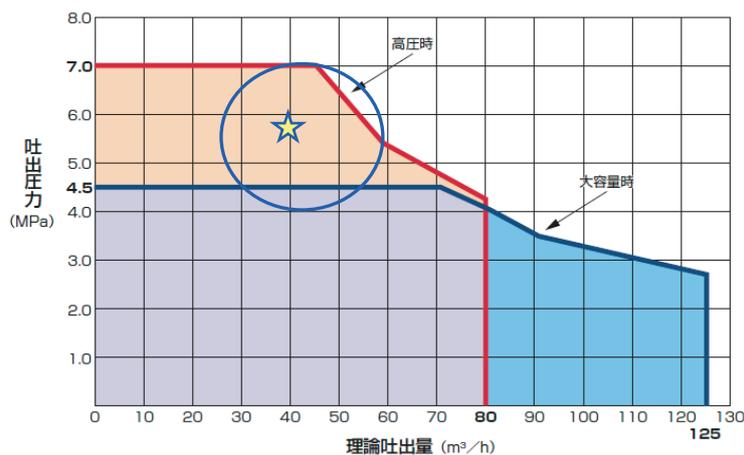


図 10.4 IPG125B の P-Q 線図

以上の方法が, 本指針で定めるポンプの機種選定方法である。

この他, 日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」に示される圧送負荷の算定方法や日本コンクリート工学会「コンクリート圧送工法ガイドライン 2009 および解説」に示されている圧送負荷算定図を用いた図解法がある。以下に, 参考として, これら 2 種類の方法に基づく圧送負荷の算定例を示す。圧送負荷は, 10.1 に示した条件で算定する。

10.4 日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」に基づく圧送負荷の算定

日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」に示された次式によって, 圧送負荷を求める。

$$P = K (L + 3B + 2T + 2F) + WH \times 10^{-3}$$

ここに, P : コンクリートポンプに加わる圧送負荷 (N/mm²)

K : 水平管の管内圧力損失 (N/mm²/m)

L : 直管の長さ (m)

B : ベント管の長さ (m)・・・実長とする (円弧の長さ)

T : テーパ管の長さ (m)・・・径の小さい方の管とみなす

F : フレキシブルホースの長さ (m)

W : フレッシュコンクリートの単位容積重量 (kN/m³)

H : 圧送高さ (m)

ここで、10.2の施工条件では、スランプ15cm、必要吐出量40.1 m³/hrの時の水平管の管内圧力損失 (K) を、125A (5 B), 100A (4 B) 管ともに先ほどの値と同様とすると、それぞれ125A (5 B) で 0.013N/mm²/m, 100A (4 B) で 0.020N/mm²/m となり、圧送負荷は、以下のように算定できる。

【 P_{125A} : 125A 管使用部の圧送負荷】

$$K : 0.013\text{N/mm}^2/\text{m}$$

$$L : 10 + 50 + 2 + 3 + 2 + 40 = 107\text{m}$$

$$B : (2 \times \pi \times 1.0 \times 1/4 = 1.57\text{m}) \times 1 \text{本} + (2 \times \pi \times 0.5 \times 1/4 = 0.785\text{m}) \times 5 \text{本} = 5.50\text{m}$$

$$T : 1 \text{m}$$

$$W : 23.0 \text{ kN/m}^3$$

$$H : 1.0 + 50 + 0.5 + 0.5 + 3.0 + 0.5 = 55.5\text{m}$$

であるので、圧送負荷 P_{125A} は、次式により算定できる。

$$\begin{aligned} P_{125A} &= 0.013 \times (107 + 3 \times 5.5 + 2 \times 1) + 23.0 \times 55.5 \times 10^{-3} \\ &= 1.63 + 1.28 \\ &= 2.91 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

【 P_{100A} : 100A 管使用部の圧送負荷】

$$K : 0.020\text{N/mm}^2/\text{m} \quad (\text{圧力損失は 125A の 1.56 倍})$$

$$L : 4 \text{m}$$

$$B : 2 \times \pi \times 0.5 \times 1/4 = 0.785\text{m}$$

$$T : 1 \text{m}$$

$$F : 8 \text{m}$$

であるので、圧送負荷 P_{100A} は、次式により算定できる。

$$\begin{aligned} P_{100A} &= 0.020 \times (4 + 3 \times 0.785 + 2 \times 1 + 2 \times 8) \\ &= 0.020 \times 24.36 \\ &= 0.49 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ポンプに作用する圧送負荷 } P &= P_{125A} + P_{100A} \\ &= 2.91 + 0.49 \\ &= 3.40 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{必要理論吐出圧力 } P_{th} = 1.25 \times P$$

$$= 1.25 \times 3.40$$

$$= 4.25 \text{ N/mm}^2$$

(本指針に準拠して求めた $P_{th} = 5.79 \text{ N/mm}^2$ よりも小さい)

10.5 日本コンクリート工学会「コンクリート圧送工法ガイドライン」に基づく圧送負荷の算定

日本コンクリート工学会「コンクリート圧送工法ガイドライン2009および解説」では、図10.5に示すような粗骨材の最大寸法や水セメント比に応じた圧送負荷算定図を用いて比較的簡易に圧送負荷を求める方法が示されている。この圧送負荷算定図をもとに、必要吐出量、輸送管の径、輸送管の全長、スランプの順に選定し、鉛直管部分があればその自重による負荷を加え、最後に品質変動や機械的損失を考慮した係数1.25を乗じて、圧送負荷を求める手順となっている。

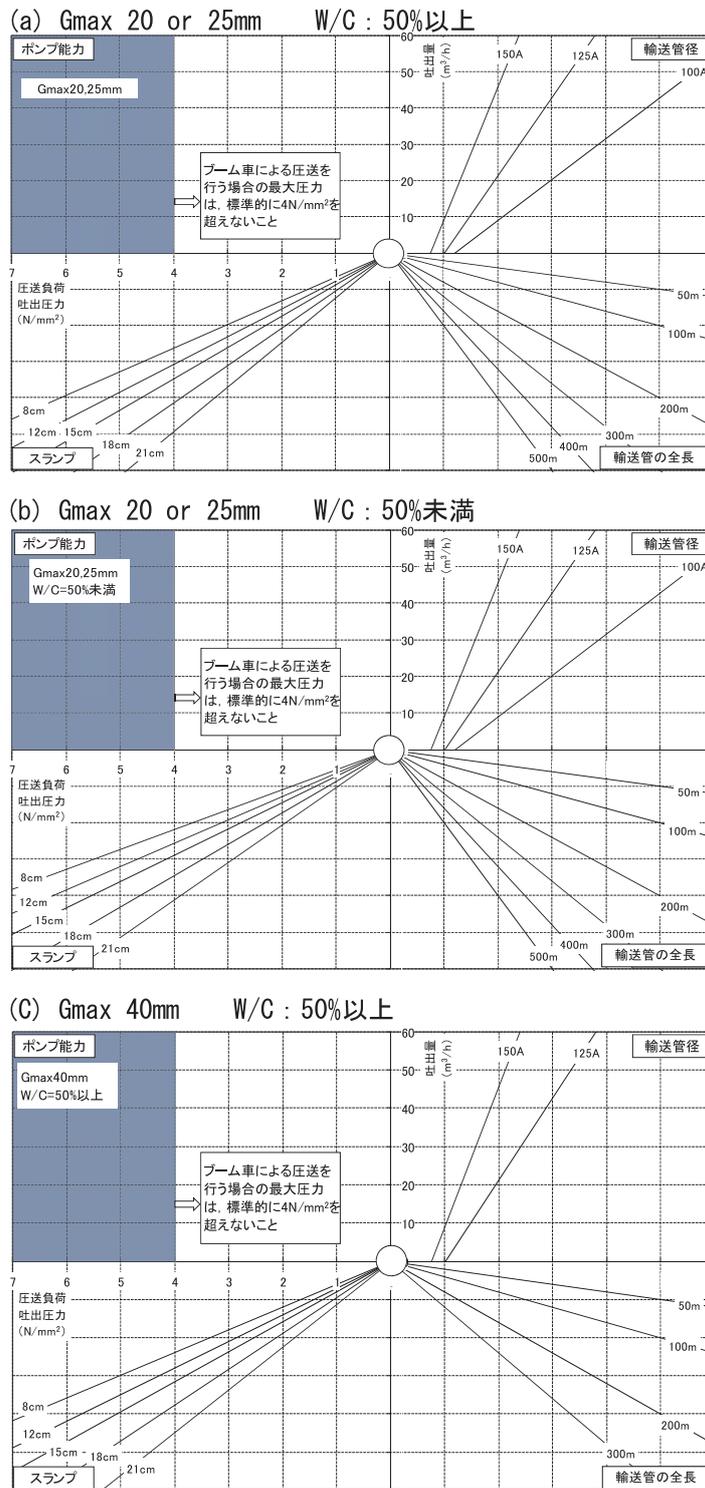


図 10.5 コンクリートの圧送負荷算定図

以下、10.2に示す施工条件にて、この手法を用いて圧送負荷を算定する。

必要な最大理論吐出量：40m³/h

輸送管の径：125A（5B）と100A（4B）とが混在することから、余裕をみて100A相当とみなす
 輸送管の全長：1+10+1+50+1+2+1+3+1+2+1+40+1+1+4+1+8 = 128 m

ベント管1本を1mとみなした

圧送負荷は、図10.6にしたがって、次のように算定することができる。

吐出量，輸送管径，輸送管の全長およびスランプから求まる圧送負荷 P_a : 3.4 N/mm²

コンクリートの自重による負荷 P_b : $W \times H \times 10^{-3} = 23 \times 55.5 \times 10^{-3} = 1.28 \text{ N/mm}^2$

ポンプに作用する圧送負荷 $P = P_a + P_b$

$$= 3.4 + 1.28$$

$$= 4.68 \text{ N/mm}^2$$

必要理論吐出圧力 $P_{th} = 1.25 \times P$

$$= 1.25 \times 4.68$$

$$= 5.85 \text{ N/mm}^2$$

(本指針に準拠して求めた $P_{th} = 5.79 \text{ N/mm}^2$ とほぼ同等)

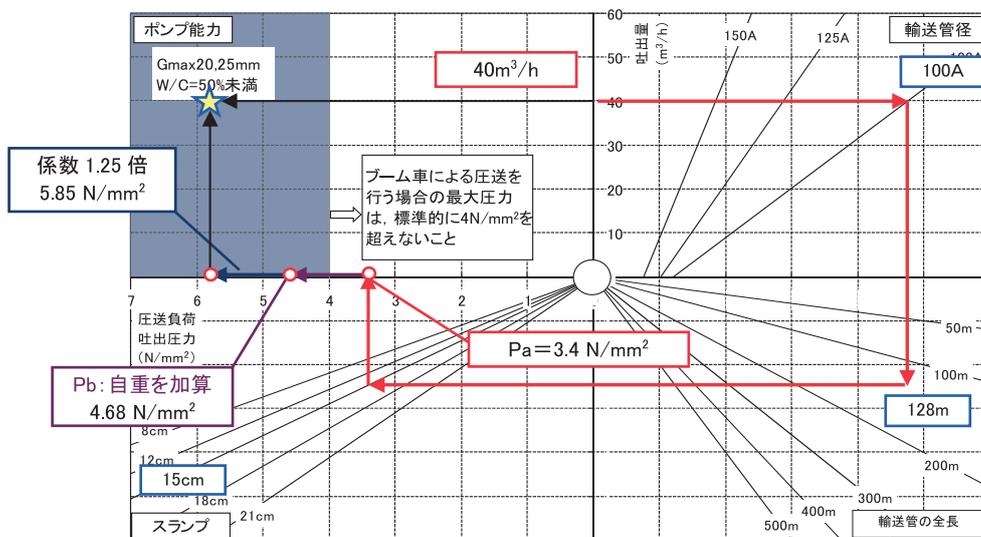


図 10.6 コンクリートの圧送負荷算定手順

なお、輸送管の径を全て125Aとみなした場合には、 $P_{th} = 1.25 \times (2.0 + 1.28) = 4.10 \text{ N/mm}^2$ となる。

10.6 まとめ

土木学会（本指針）、日本建築学会および日本コンクリート工学会の手法に基づいて算定された必要理論吐出圧力をまとめて、表10.4に示す。今回設定した施工条件において、それぞれの手法によって得られる必要理論吐出圧力には若干の差がある。日本建築学会に基づく必要理論吐出圧力が最も小さい結果であるが、これらの算定方法による圧送負荷の違いは、過去の実績や採用したデータにおけるコンクリートの配合や種

類の違いなどによると考えられる。

表 10.4 各方法で算定した必要理論吐出圧力の比較

| 準拠する指針 | 必要理論吐出圧力 (N/mm ²) |
|---|----------------------------------|
| 土木学会 コンクリートのポンプ施工指針【2012年版】 | 5.79 |
| 日本建築学会 コンクリートポンプ工法施工指針・同解説 | 4.25 |
| 日本コンクリート工学会 コンクリート圧送工法ガイドライン 2009 および解説 | 5.85 |

出典：

- 1) 日本建築学会 コンクリートポンプ工法施工指針・同解説, 2009.12