

高盛土における高耐圧ポリエチレンパイプカルバートの変形対策工の設計

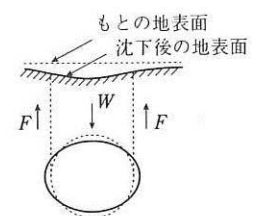
清水建設（株）名古屋支店 正会員 ○管和暁
藤田宗寛
宇山有士

1. はじめに

当造成工事における河川管渠は、最大盛土高 42.4m の高盛土を伴い、工事エリアを南北に縦断する現況河川を暗渠化するための延長 570m、内径 3.0m の高耐圧ポリエチレンパイプカルバート（以下、高耐圧 PPC）である。下流から約 400m 区間において、約 15～21m（計画高比約 40～50%）まで盛土した時点で、一部に許容値（150mm）を超えるたわみ（最大値 168mm）が生じた。本稿では、変形原因を推定し、対策工法の設計について報告する。

2. 当初設計

高耐圧 PPC はたわみ性が大きく、鉛直方向のたわみが周囲の土の圧縮量より大きい（図-1 参照）ため、鉛直土圧が相対的に小さくなるマーストンの公式²⁾を用いて土圧を算定していた。盛土高が約 40m と大きいので、管周りを変形係数 $E_s=27,500\text{kN/m}^2$ のセメント改良体とすることで、許容たわみ率 $V_a=5\%$ 、許容曲げ応力 $\sigma_a=16,200\text{kN/m}^2$ を満足する設計となっていた。また、排水勾配を確保するため、沈下対策として DL 層以下の軟弱地盤を基礎材と同強度で改良することとしていた。図-1 鉛直土圧の変化¹⁾



3. 変形原因の推定

たわみ性カルバートは、鉛直土圧によってたわみ、カルバート両側の受働土圧抵抗によって耐える構造であるが、周囲が軟弱で受働土圧抵抗が不足する場合は、図-2 のような変形を生じる可能性がある。また、たわみ性カルバートは一般的に鉛直土圧が土被り圧よりも小さくなるが、管周りを改良体とし、基礎部改良を行ったことで、図-3 のように剛性カルバートと同様に周辺地盤の引込み沈下により管直上の鉛直土圧が増加した可能性がある。図-4 に FEM 解析による水平方向応力図を示す。実測と同様のたわみ、鉛直土圧の増加が再現されるとともに管周改良体上面に水平方向の引張力が発生していることが確認された。

これらのことから、①側方受働土圧抵抗の不足、②引込み沈下による鉛直土圧増加が複合的に生じ、管周改良体が破壊されたことにより、高耐圧 PPC に大きなたわみが生じたものと考えられる。

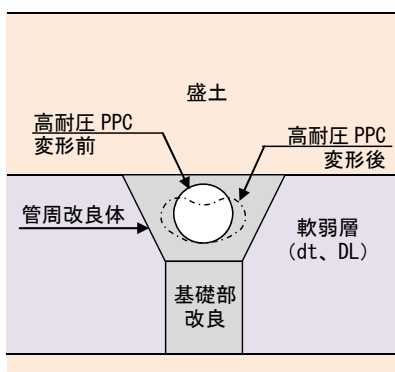


図-2 側方受働土圧抵抗不足

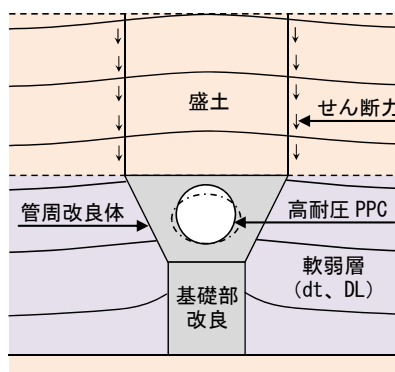


図-3 鉛直土圧の増加

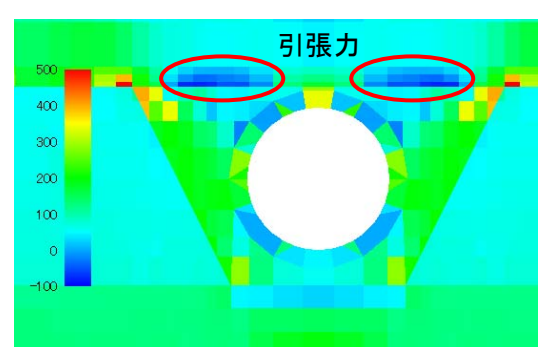


図-4 水平方向応力図

キーワード たわみ性カルバート、高耐圧ポリエチレンパイプカルバート、側方受働土圧、鉛直土圧係数
連絡先 〒460-8580 愛知県名古屋市中区錦1丁目3番7号 清水建設（株）名古屋支店 TEL 052-211-6936

4. 対策方法の検討

地盤改良案，軽量盛土案，縁切り壁案，覆工コンクリート案の4案について，高耐圧 PPC の変形に対する効果，構造的，施工性，経済性の観点から評価し，地盤改良案を採用した。

5. 対策工の設計

(1) 対策工の考え方

図-5 に対策工のイメージ図を示す。対策工は，施工可能な高さまで盤下げし，①管側方を地盤改良することで側方受働土圧を強化，②地盤改良幅を十分確保することで管直上の鉛直土圧を低減することができる。

(2) 発生応力度制限値およびたわみ目標値の設定

対策工の改良仕様を決定する FEM 解析には安全率が含まれていないことから，高耐圧 PPC の曲げ降伏応力度に対して安全率 3（当初設計は安全率 2）として発生応力度の制限値を $\sigma_{c0}=32,400/3=10,800\text{kN/m}^2$ とした。

また，当初設計の許容たわみ率 $V_a=5\%$ は，管の構造安全性ではなく通水性能確保のための制限値であり，本管では通水性能に十分な余裕があるため，たわみ率 5% は許容値ではなく，設計目標値とした。

(3) FEM 解析による対策工仕様の検討

FEM 解析により，高耐圧 PPC のたわみ，発生応力度を許容値に収める対策工仕様の検討を行った。表-1 に FEM 解析結果を示す。改良幅を変化させた 3 ケースで，応力度・たわみ率はいずれも許容値・目標値を満足した。

表-1 FEM 解析結果

解析 ケース	改良幅 B_0 (m)	盛土高 (m)	応力度 σ (kN/m^2)	制限値 σ_{c0} (kN/m^2)	判定	たわみ δ (mm)	たわみ率 V (%)	目標値 V_a (%)	判定
A	18m	42.4m	7,998	10,800	OK	27	0.85	5.0	OK
B	15m	42.4m	8,514	10,800	OK	31	0.98	5.0	OK
C	12m	42.4m	9,350	10,800	OK	40	1.26	5.0	OK

(4) 鉛直土圧係数 α の設定

図-6 にケース A の FEM 解析より得られた鉛直土圧分布を示す。地盤改良端部で $1,761\text{kN/m}^2$ の鉛直土圧が発生しているが，改良体平均としては 979kN/m^2 に抑えられていることがわかる。ケース B，C においても同様に鉛直土圧を整理し，得られた鉛直土圧係数 α と土被り／改良幅の関係を図-7 に示す。FEM 解析で，道路土工の包絡線上に近い結果が得られたことから， $\alpha = 0.15 \times h/B_0 + 1.05$ とした。

(5) 改良幅および改良強度の設定

改良強度は現地発生土を用いた配合試験より $q_u=2,500\text{kN/m}^2$ とし，盛土高に応じて改良幅を設定した。

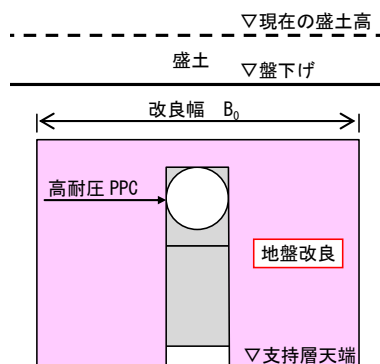


図-5 対策イメージ図

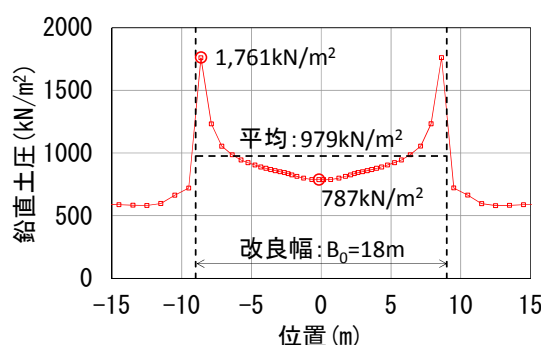


図-6 鉛直土圧分布（ケース A）

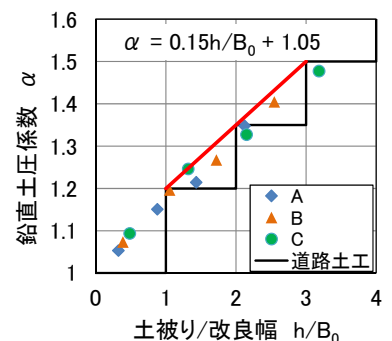


図-7 鉛直土圧係数 α

6. おわりに

高盛土における高耐圧 PPC の想定を超える変形に対して，変形原因を推定し，対策方法を立案した。実施工において各種計測を行い，FEM 解析の妥当性を検証する。

【参考文献】

- (社) 日本道路協会:道路土工 カルバート工指針,pp.65,平成 22 年 3 月
- 大日本プラスチック (株): ダイブラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管) 技術資料—土木用—,pp.26-33