

不同沈下を生じたボックスカルバートにおける復元工法の事例

応用地質株式会社 関西支社 技術部 小山 彰

1. 概要

敦賀市内を通過する一般国道 27 号金山バイパスは、軟弱地盤上に施工された盛土区間である。地盤を構成する地層は、高含水比の腐植土及び粘性土からなり、その層厚は約 8m である。盛土厚は約 10m であり、供用後 10 年以上経過した現在も沈下が継続している。また、盛土内を横断する 3 基のボックスカルバート（以下、C-BOX という。）についても、盛土の沈下に追従しながら不同沈下が進行し、本来の機能（道路通行、排水処理等）が確保できない状況に至っていた。

本論文は、不同沈下した C-BOX について、その機能復元を目的とした解析・検討事例と施工結果を紹介するものである。

2. 沈下挙動と C-BOX の健全度評価について

金山バイパスの盛土区間は、昭和 58 年に工事着手され、平成 4 年に供用が開始された。盛土内を横断する C-BOX は、軟弱地盤上への施工に対応するため、予めプレロード工法や置換工法等の軟弱地盤対策を施した後、直接基礎形式で構築されている。

盛土工事前と供用後約 10 年を経過した後における、道路縦断方向の地質断面図を図 1 に示した。盛土施工による基礎地盤の沈下は、腐植土と粘性土であり、特に腐植土層（図 1 の Ap）は当初の層厚に対して約 50%まで圧縮されている。

図 2 は盛土内を横断する道路 C-BOX の変状を模式的に示したものである。

道路 C-BOX は中間部に伸縮目地を設けた 2 分割で構成されている。C-BOX は盛土荷重により不同沈下が生じ、目地のある中央部で凹状に撓む状態にあるとともに、無数のひび割れの発生が認められた。

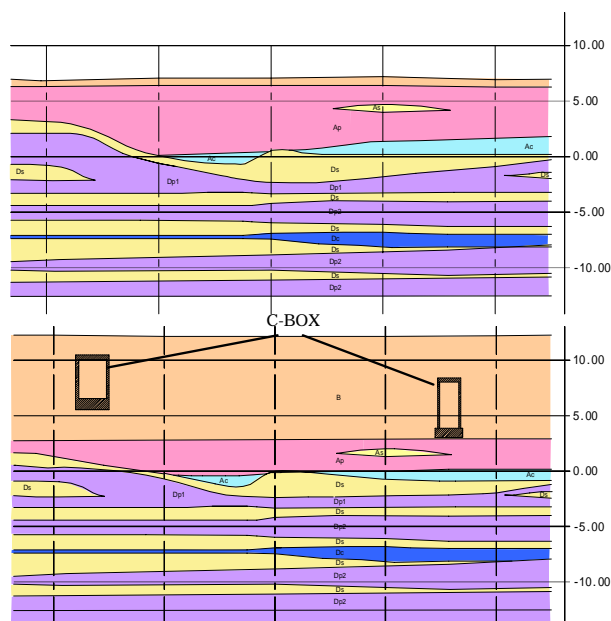


図 1 道路建設前後の地質断面図 標高 (TP ± m) (道路縦断方向) 上: 建設前、下: 建設後

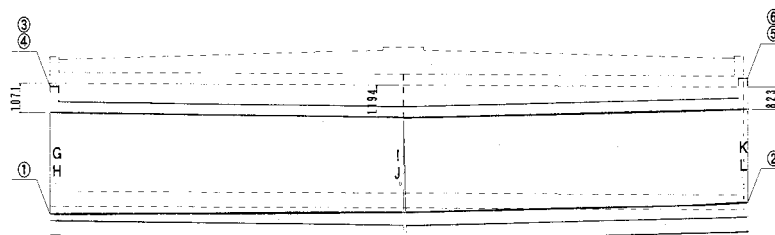


図 2 道路 C-BOX の変状状況模式図 (単位: mm)

道路 C-BOX の沈下量経時変化を図 3 に示す。沈下は供用後も継続し、供用後の累積沈下量は約 35cm に及んでいる。

継続する C-BOX の沈下は、間隙水圧の測定結果ならびに沈下の経時変化から、二次圧密に起因した沈下挙動であると判断した。また、今後の二次圧密沈下量については、数値解析の結果から、20～30cm 程度生じると推定した。

一方、C-BOX の健全度については、不同沈下に相当する外力を数値計算から求め、躯体に発生している断面力及び応力度の照査を行った。この結果、C-BOX の断面性能については、撓んだ形状となっているものの、躯体自体の破壊はなく、躯体に作用する増加応力を開放することで、現状の C-BOX を利用することが可能であると判断した。

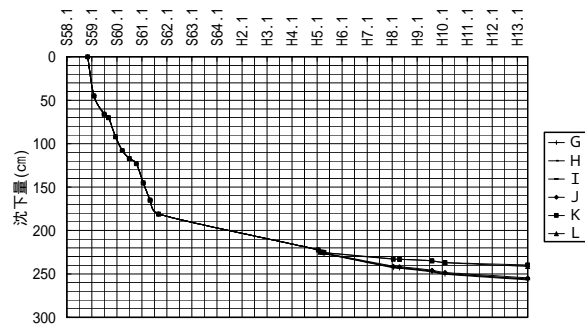


図 3 道路 C-BOX の沈下量経時変化

3 . C-BOX の復元工法

(1)機能確保のあり方と復元・復旧工法の選定

C-BOX の機能確保とは、C-BOX が有する目的、例えば正常な流水の確保や用排水としての機能保持、交通安全及び走行性能の確保を図ることにある。

上記の考え方に基づき、C-BOX の機能復元・復旧工法を抽出すると、以下のように整理される。

薬液注入等の注入圧で土そのものの体積変化を図り、構造物を復元する工法

油圧ジャッキ等の機械的な手法で復元を図る工法

C-BOX を再構築する工法

表 1 には、これら 3 案を比較検討した結果を示している。経済性・施工性の面ではの注入圧による復元工法が優れていると判断される。

表 1 構造形式比較

	注入圧による復元	機械的ジャッキアップ	C-BOX の再構築
主な特徴	グラウトにより復元を図る必要最低限の交通規制で対応が可能	機械的手法による復元に比較して作業工程が複雑で、周辺への影響も大	地盤改良後に再構築する復旧後の沈下に対応した復元は必要ない
概算工事費	26,000 千円	73,000 千円	67,000 千円
評価			

なお 案については盛土の沈下に伴って C-BOX も沈下する構造形式のため、今後の残留沈下により将来的に機能が確保されなくなった場合、再度の復元が必要となる。

案は C-BOX の沈下は防止できるが、道路面は今後 30 年間で 30cm 程度の沈下量が見込まれるため、逆の凹凸が生じる恐れがあり、数年毎にオーバーレイを繰り返す必要がある。

案と 案の考え方についてはそれぞれ一長一短があるが、簡単なライフサイクルコスト（LCC）で考えると、表 2 に示すように案が有利であると考えられる。したがって、による復元（ジャッキング注入工法）を採用した。

表 2 LCC を考慮した経済比較（単位：千円）

	初期投資	ランニングコスト	合計
案	26,000	26,000	52,000
案	67,000	99,000	166,000

ランニングコストには維持管理補修費用、廃棄リサイクル費用を含む。

(2)復元量の設定

復元量は 3 基の C-BOX で異なるが、基本的には、C-BOX の撓みを解消すること、側道との段差を補正すること、今後 30 年間に生じる二次圧密沈下量の差分を予め考慮して復元することとした。図 4 には道路 C-BOX の復元量の考え方を示した。

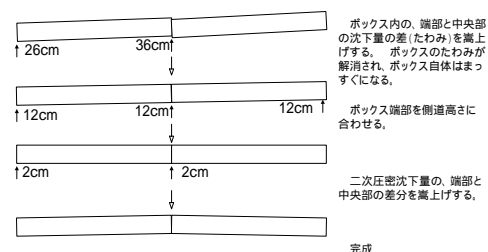


図 4 復元量の設定（道路 C-BOX）

4. ジャッキング注入工法

注入圧による復元工法には高圧グラウト噴射工法や薬液注入工法等があるが、ジャッキング注入工法は多点インターバル方式であり、各点の注入量と隆起量をコンピューター制御で管理できる。このため精度良い復元が可能である。また機械的ジャッキアップに比較して複雑な作業工程が省略できることから、経済性にも優れる。

なお、今回採用したジャッキング注入工法の適用可能条件は以下のとおりである。

- ・ 直接基礎構造物等、底面積が大きい場合
- ・ 支持地盤が砂、砂礫等の非圧縮土で構成される場合（支持地盤が圧縮土の場合は計測等を行い、挙動の収束を確認する）
- ・ 構造物の剛性が保たれている場合

道路 C-BOX におけるジャッキング注入計画図を図 5 に、ジャッキアップの原理を図 6 に示した。

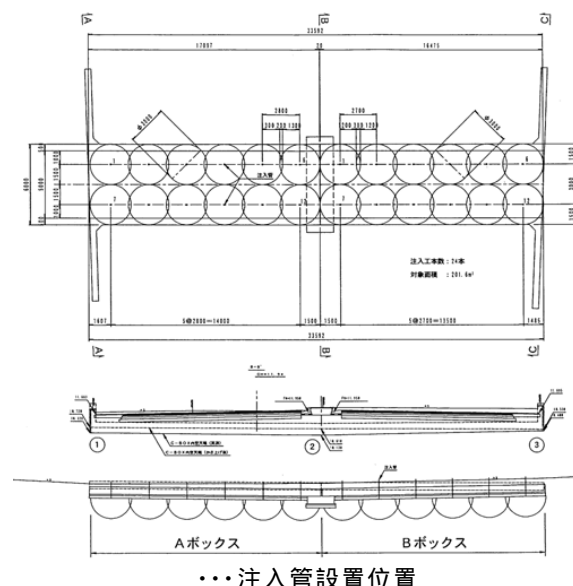


図 5 ジャッキング注入計画図（道路 C-BOX）

5. 施工

施工は国土交通省における「試験フィールド事業」として、平成 15 年 7 月～11 月にジャッキング注入が実施された。

施工時にはトータルステーション、オートレベル等による計測管理を行い、復元量の確認と地盤挙動を把握している。

施工・計測結果の概略を以下に示す。

- ・ 嵩上げ高は 1 日 5～10cm 程度である。
- ・ 施工注入量は設計注入量に比較して 1 割程度少なかった。
- ・ 施工時、夜間や休日の沈下挙動は見られなかった。また施工終了後のレベル計測でも、沈下は発生していない。

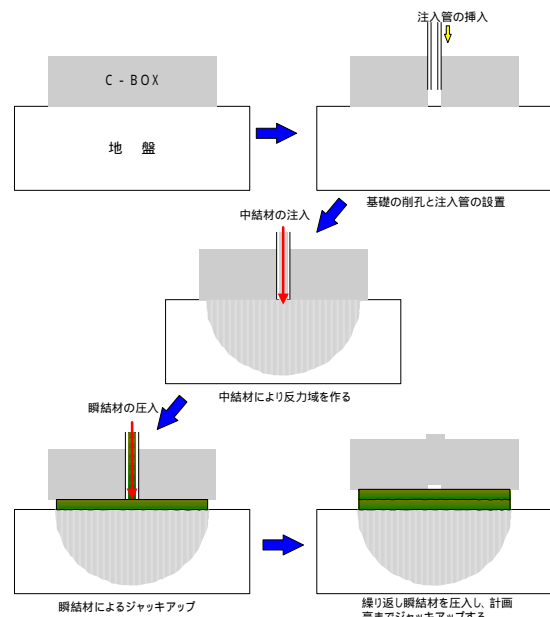


図 6 ジャッキング注入工法によるジャッキアップの原理

6. 結論

C-BOX の機能復元については、今後の二次圧密による沈下を考慮するとともに、LCC を含めた経済比較から復元工法としてジャッキング注入工法を採用した。この工法は、注入圧管理を行うことで複雑な不同沈下にも対応でき、また最小限の交通規制での施工が可能である。

C-BOX の復元工事は平成 15 年 12 月に竣工した。計画通り、大きな交通障害を発生させることなく、C-BOX の健全化を図ることができた。

不同沈下が生じている C-BOX は全国に多数あると思われるが、今回採用した復元工法は、不同沈下を解消するための対策工法の一例として適用できるものとする。

7. 今後の課題

各 C-BOX の二次圧密については、今後 30 年間で 20～40cm の沈下を予測している。今回計画した C-BOX の機能復元は、当初計画高までの復元ではなく、C-BOX 自体の機能を確保するとともに、その復元量は 30 年後の二次圧密に対応できる規模としている。

軟弱地盤上で発生する二次圧密は複雑で、今回適用した沈下予測についても多くの仮定を含んでいる。このことから、今後、復元した C-BOX の挙動を長期にわたってモニタリングすることで、二次圧密による地盤の変形挙動を把握するとともに、長期的な復元効果の把握が必要であるとする。

【参考資料】

平成 15 年度 金山 BP 筋生野地区管渠補修工事資料（施工：前田建設工業株式会社）