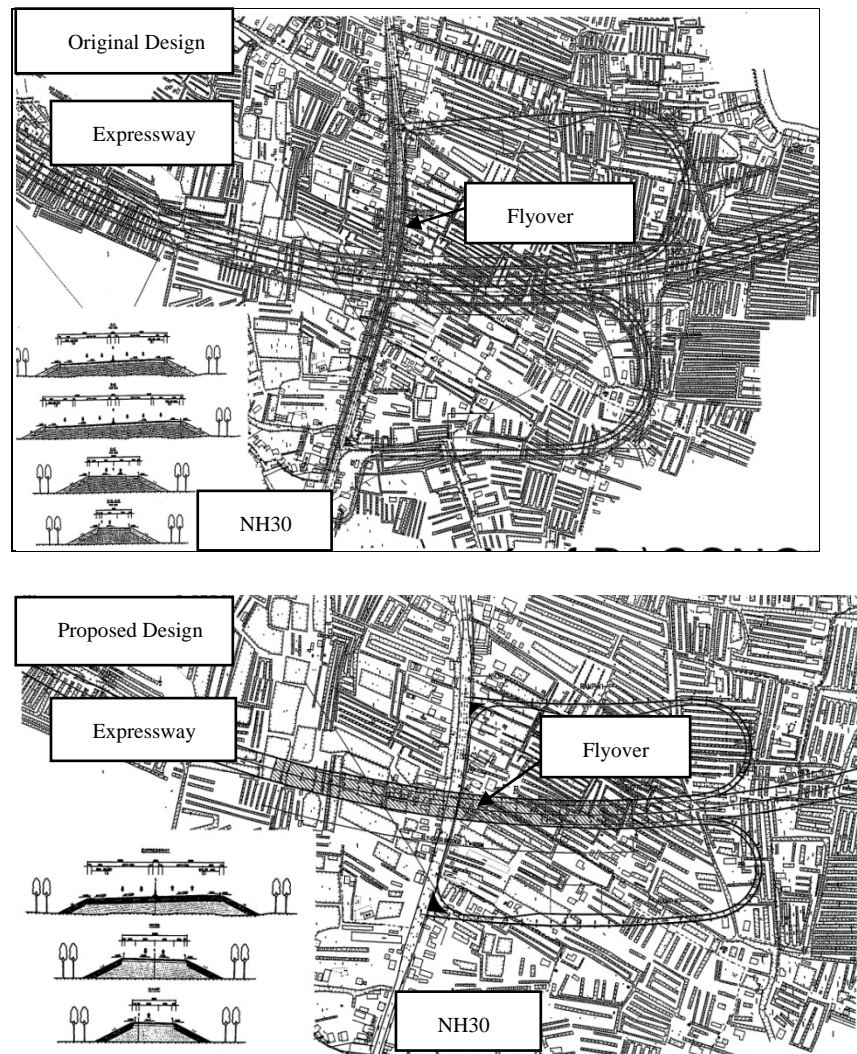


An Thai Trung IC

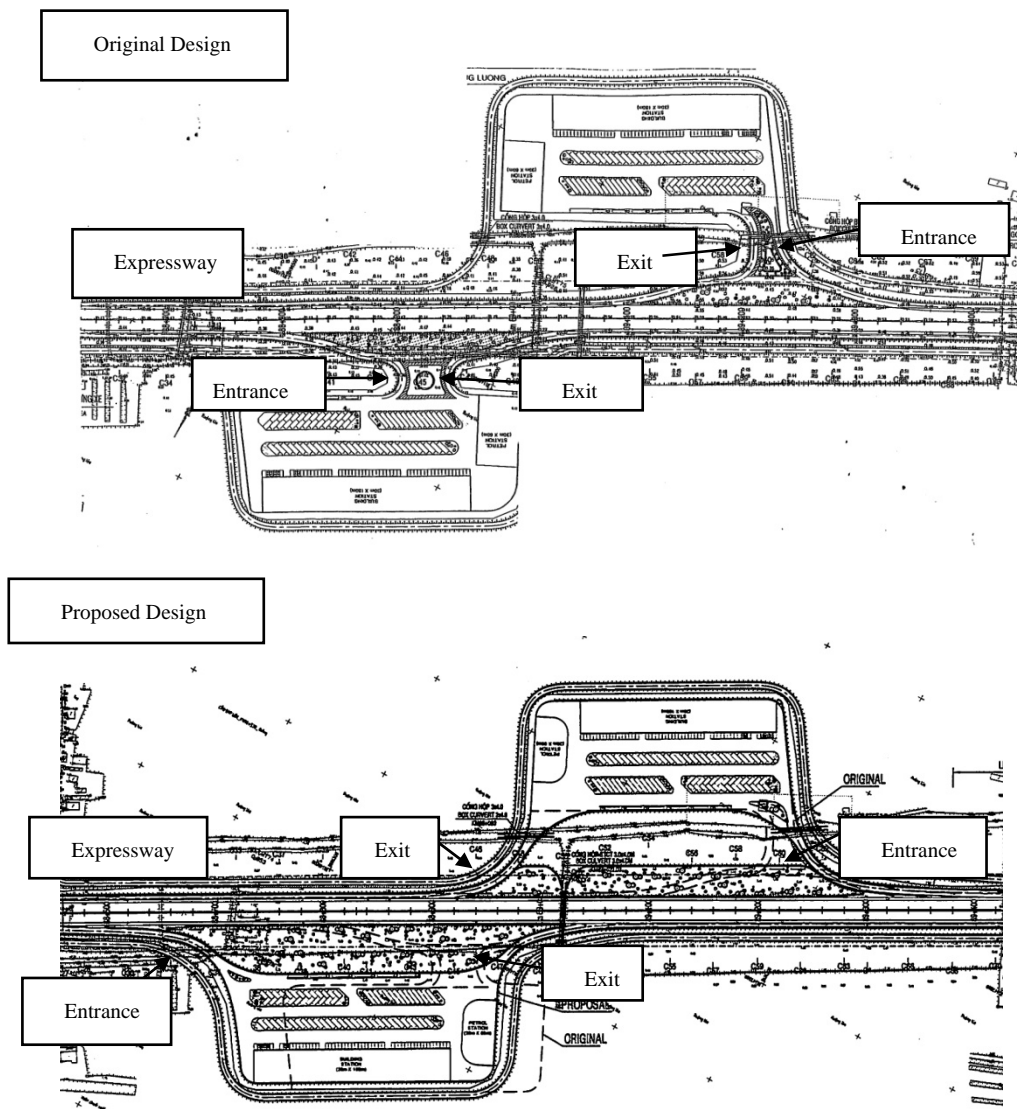
- 原設計では、接続道路が高速道路の上をオーバーパスしているため、接続道路とランプが接続する交差点が凸型縦断曲線の両端部に位置するため、それらの間隔が 550m と長くなり、インターチェンジの規模が大きくなる上、高速道路上にフライオーバーが建設されるため、接続道路である NH30 の沿道からのアクセスが不便になる。
- そこで、高速道路が接続道路をオーバーする方式に変更することを提案する（接続道路はレベル）。これにより、交差点間が 300m と短くなるためインターチェンジの規模が小さくなる上、接続道路の沿道からのアクセスは容易になる。
- An Thai Trung IC の原設計と提案設計の図面を図 6.16 に示す。



出典：D/D（上図）、JICA 調査団（下図）

図6.16. An Thai Trung IC の原設計と提案設計の図面

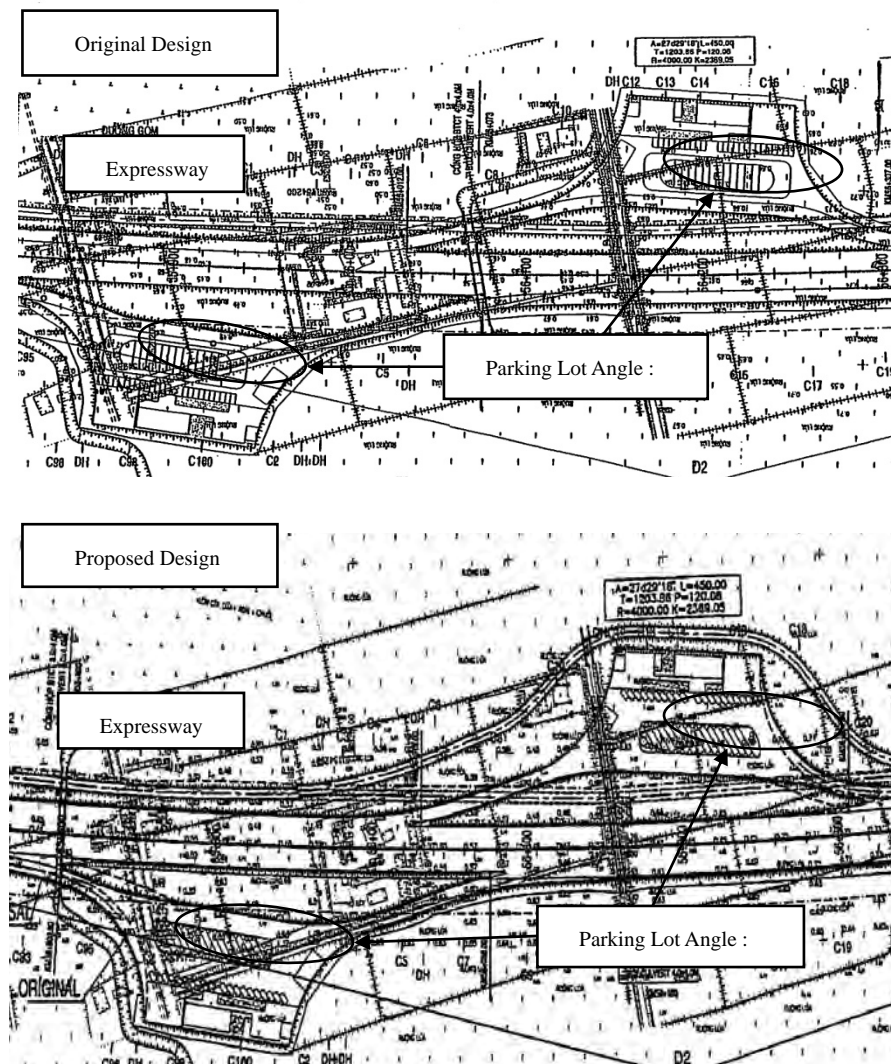
- e) サービスエリア (SA) の出入口位置の変更
- 原設計では、SA への出入口が接近しているため駐車場への動線が複雑な上駐車場で車両が交錯し危険である。
  - そこで、出入口を駐車場の両端に移し、動線が重ならないように変更することを提案する。
  - SA の原設計と提案設計の図面を図 6.17 に示す。



出典：D/D（上図）、JICA 調査団（下図）

図6.17. SA の原設計と提案設計の図面

- f) パーキングエリア (PA) の駐車マスの変更
- 原設計では、PA 内の大型車の駐車方式は  $90^\circ$  の先進駐車後退発車方式が採用されている。このため、後退発車時は危険である上、駐車場スペースが広がる。
  - そこで、駐車方式を  $45^\circ$  の前進駐車前進発車方式に変更することを提案する。
  - PA の原設計と提案設計の図面を図 6.18 に示す。



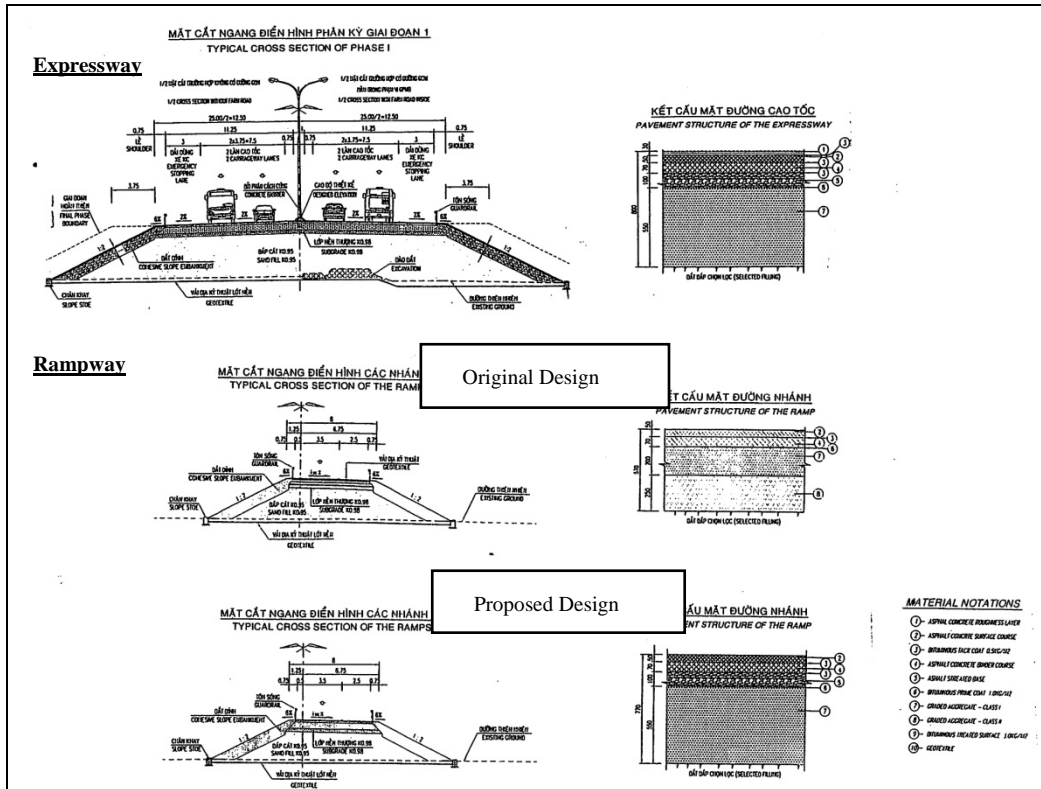
出典：D/D (上図)、JICA 調査団 (下図)

図6.18. PA の原設計と提案設計の図面

- g) 高速道路本線の舗装構造をランプに適用
- 原設計では、インターチェンジのランプの舗装構造はインターチェンジの利用交通量を基に本線より薄い舗装構造が決められている。



- ランプは幅員が狭く交通を通しながらの維持管理が困難であるため、オーバーレイ等の維持管理の間隔を長くできるように本線と同様の舗装構造とすることを提案する。なお、舗装構造については 3.6 「その他施設の設計」 で詳述する。
- 舗装構造の原設計と提案設計の図面を図 6.19 に示す。

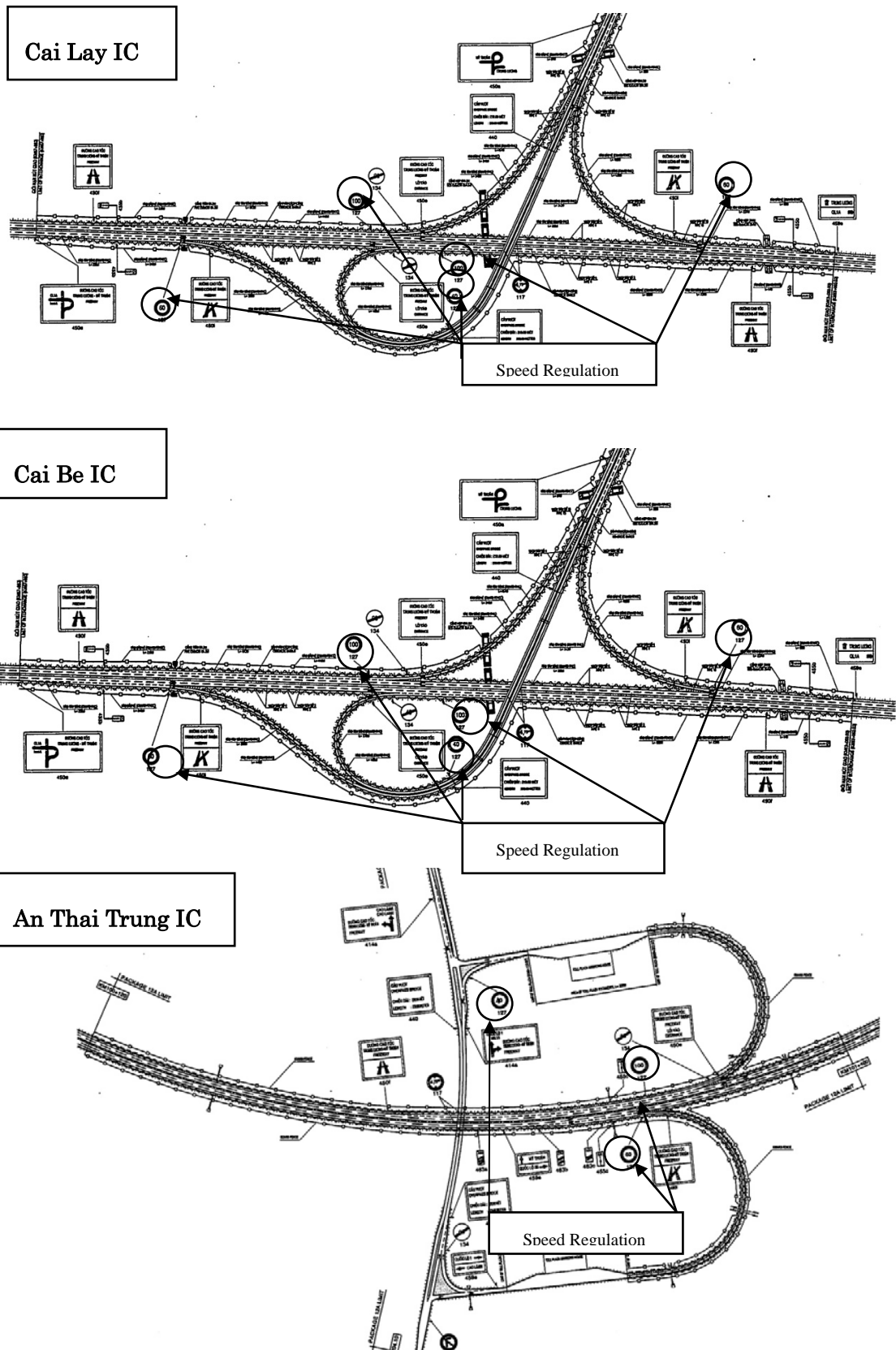


出典：JICA 調査団

図6.19. 舗装構造の原設計と提案設計の図面

h) IC への速度規制標識の設置

- D/D では、案内標識計画されているが、速度規制標識は計画されていない。
- インターチェンジはランプの平面曲線半径が小さい上、縦断勾配も急なため、速度を下げる必要がある。
- また、Than Cuu Nghia IC と An Thai Trung IC の本線曲線半径はそれぞれ 2000m、1500m と、本高速道路内で最も小さい値が採用され、高速でインターチェンジに入ることが懸念される。
- そこで、インターチェンジのランプおよび本線に速度規制標識を設置することを提案する。
- 交通安全施設の提案設計の図面を図 6.20 に示す。

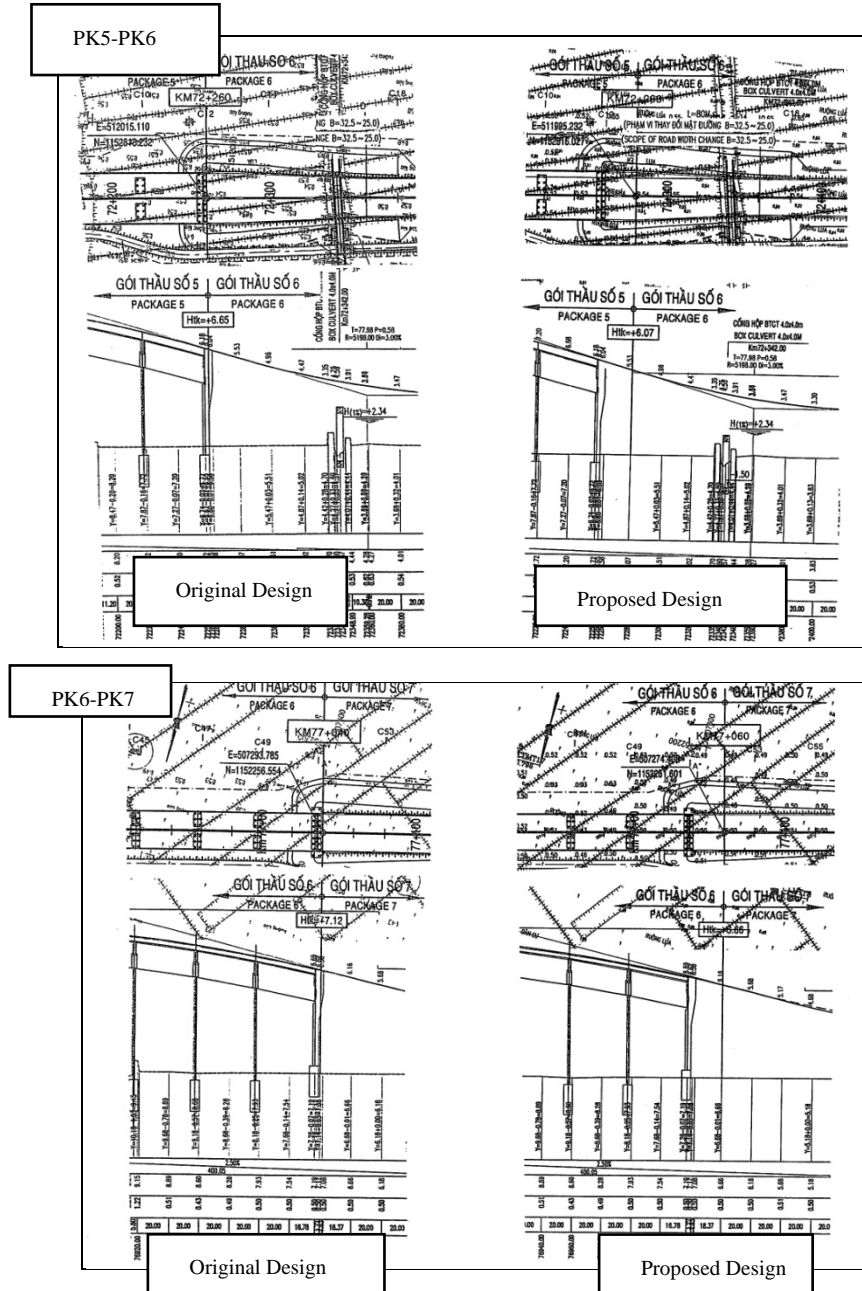


出典：JICA 調査団

図6.20. 交通安全施設の提案設計の図面

i) 工区境の移設

- 原設計では、PK5-PK6 と PK6-PK7 の境界が橋台上にある。このため、橋台裏込部が土工部に入るため、関連施工が分かれ、数量区分も困難である。
- そこで、パッケージの境界を橋台から 20m の地点に移動することを提案する。
- 工区境界の原設計と提案設計の図面を図 6.21 に示す。



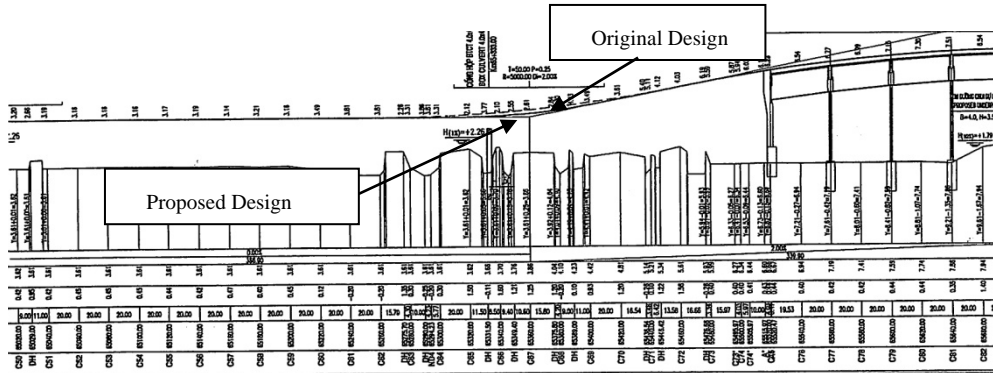
出典：D/D (左図)、JICA 調査団 (右図)

図6.21. 工区境界の原設計と提案設計の図面

2) コスト低減

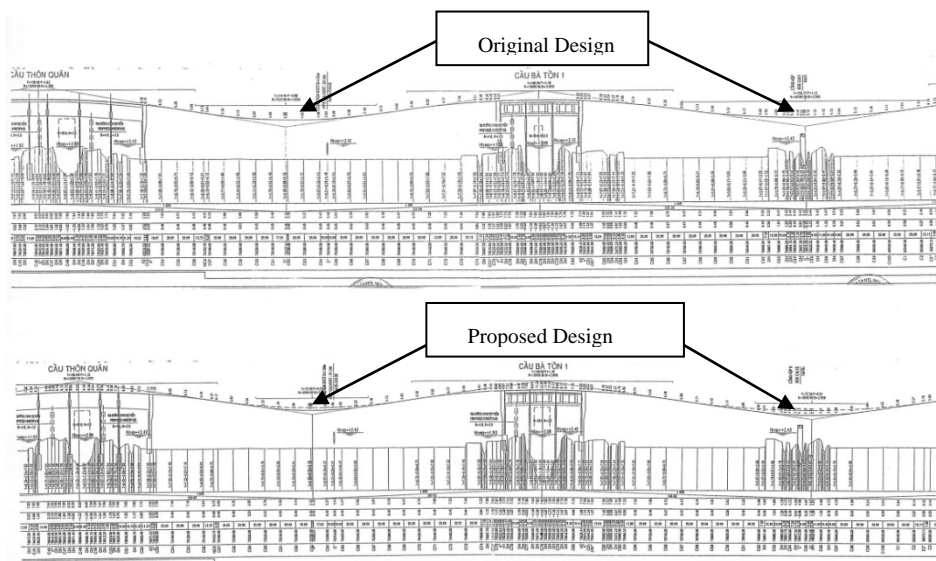
a) 凹型最少縦断曲線半径の適用

- 縦断曲線半径は凸型縦断曲線半径は最少基準値である 12000m を採用している。凹型縦断曲線半径は最少基準値である 5000m 程度を採用しているところがあるが、基準値より大きい 10000m 程度を採用しているところもある。
- そこで、凹型縦断曲線については最少基準値を適用して縦断を下げることを提案する。対象箇所は、最低盛土高、ボックスカルバート高を考慮し効果的に縦断が下がるところで、参考に km65+360 付近の平面縦断図を図 6.22 に示す。
- ただし、凸型、凹型、凸型の縦断曲線が短区間で連続するところは、線形の連続性、視認性を考慮して、凹型縦断曲線は基準値を適用せず大きいままとすることを提案する。参考に対象個所の km79+000～km80+000 区間の縦断図を図 6.23 に示す。



出典：JICA 調査団

図6.22. km65+360 付近の原設計と提案設計の平面縦断図



出典：D/D (上図)、JICA 調査団 (下図)

図6.23. km79+000～km80+000 区間の原設計と提案設計の縦断図



## 6.2.3.5 代替案の評価

6.2.3.4 にて提案した道路設計変更について、その効果と建設費へのインパクトなどから本事業にて採用するかどうか評価した。その結果を表 6.17 に示す。また、採用する 8 つの道路設計変更については、別冊付録の図面集に示した。

表6.17. 道路設計代替案の評価

| 設計変更案                      | 長所                         | 短所 (費用)                 |                 | 評価 |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|----|
|                            |                            | 増減額<br>(billion<br>VND) | 建設費に対する割合 (%) * |    |
| 片勾配反向区間の縦断勾配を 0.3%に変更      | 雨天時走行の安全性向上<br>舗装のダメージ防止   | +1.8                    | 0.01%           | 採用 |
| 片勾配区間の中央分離帯側排水溝の中央分離帯内への設置 | 雨天時走行の安全性向上<br>排水溝の容易な清掃   | +10.2                   | 0.06%           | 採用 |
| 減速車線の形状を直接式に変更             | 安全かつ容易な走行                  | +12.8                   | 0.08%           | 採用 |
| 高速道路本線が IC 接続道路をオーバーパス     | 接続道路の安全走行性向上<br>地域住民の利便性向上 | +1,478                  | 9.22%           | -  |
| SA の出入り口位置の変更              | 駐車スペースへの容易な案内と安全な駐車        | +14.9                   | 0.09%           | 採用 |
| PA の駐車マスの変更                | 安全かつ容易な駐車                  | ±0                      | 0.00%           | 採用 |
| 高速道路本線の舗装構造をランプに適用         | ランプの舗装メンテナンス作業の長周期化        | +133                    | 0.830%          | -  |
| IC への速度規制標識の設置             | IC ランプでの安全走行               | ±0                      | 0.00%           | 採用 |
| 工区境の移設                     | 工区境工種の施工性の向上               | ±0                      | 0.00%           | 採用 |
| 凹型最小縦断曲線半径の適用              | 建設費の微減                     | -1.4                    | -0.01%          | 採用 |

注) D/D における建設費 VND16.029billion に対する増減費用の割合 (%)

出典: JICA 調査団



## 6.2.4 橋梁設計

### コスト削減に向けたレビュー

当高速道路はメコンデルタの広大な軟弱地盤地帯を通過し多数の水路を横切ることから、その建設コストは高くなると予想されている。さらに、当高速道路は設計速度 120 km/h および 100 年確率の洪水に耐えうる最低でも 3.5 m の高い盛土などの高規格の基準で設計されている。結果として、河川・水路の横断だけでなく軟弱地盤を高架構造で通過するため多数の橋梁が設計された。したがって、橋梁設計の中でコスト削減が可能であれば、それはプロジェクトの経済性改善に大きく貢献すると思われる。

本調査団によるレビューの結果は提言として、カウンターパートであり事業実施主体である BEDC に伝えられた。BEDC は JICA 調査団の提言を検討した上で設計変更の可否を判断することになる。

### 6.2.3.6 レビューの要点

#### (1) 橋梁延長の短縮

軟弱地盤改良コストを含めた盛土構造の道路建設コスト約 1 億 3 千万ドン/m に対して橋梁構造で支える高架道路の場合の建設コストは約 6 億 2 千万ドン/m と見積もられている。これには用地取得費と付加価値税は含まれない。したがって、橋梁延長を短縮するほど建設コストは削減できる。(図 6.24 参照)

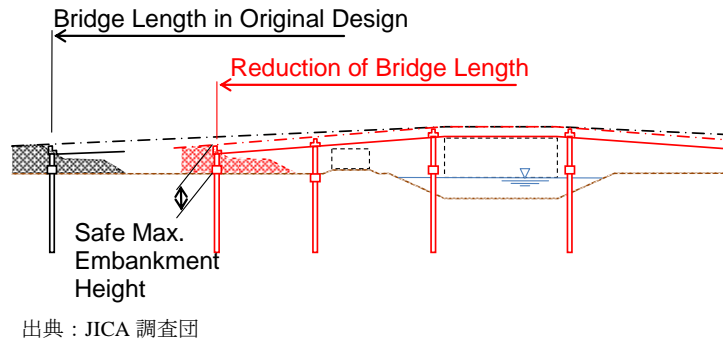


図6.24. 橋梁延長の短縮

橋梁延長の短縮に向けて以下の設計条件を再チェックするよう提言する。

#### a) 水上航路限界の幅・高さの再確認

内陸水運管理局(IWTA)に対して道路渡河地点の航路限界の幅・高さを再確認する。

検討結果：変更なし。

調査団は、航路帯の幅・高さについて変更ないことを確認した。

**b) 道路縦断高さの低下**

設計速度 120 km/h および IWTA の要求する航路帯の幅・高さを確保した上で、橋梁個所の道路縦断高さを線形設計基準に照らして再チェックする。

検討結果：小さな修正を除けば顕著な変更なし。

調査団は、橋梁構造高さの削減を除けば、道路縦断高さを下げる余地はないことを確認した。

**c) 道路の最大盛土高さ**

道路盛土は橋梁の橋台位置で最も高くなる。これは、高い道路盛土の工事が可能であれば橋梁延長を短くできることを意味する。

道路の最大盛土高さは以下の検討によって推定する。

- ・ 盛土による軟弱土層の圧密沈下量と必要な盛土載荷時間。
- ・ 盛土のスベリに対する安全度。

検討結果：小さな変動を除けば解析結果に顕著な変化なし。

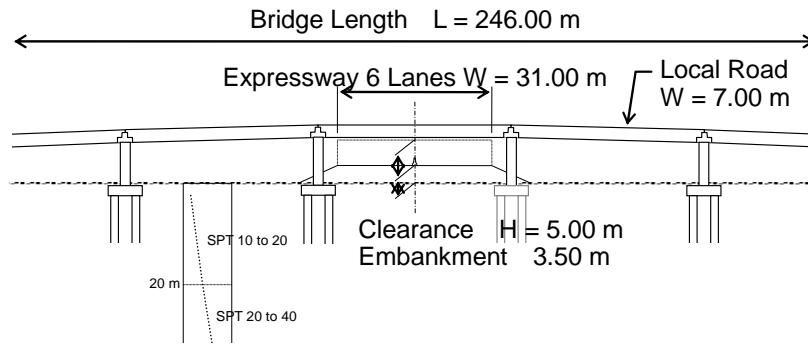
本調査団が認める解析条件すなわち 18 カ月の盛土工事／載荷時間と平均 1.2 m 間隔の PVD (プレハブ垂直排水) を基に橋梁ごとに再度、圧密計算を実行した。しかし、残留圧密沈下量 10 cm という厳しい設計許容値の下では現設計の値より高い盛土が可能と判断できる結果は出なかった。しかし、1 橋梁内における土層条件の変化を把握するためにはさらなる調査が必要であろう。

**(2) 地方道路との立体交差**

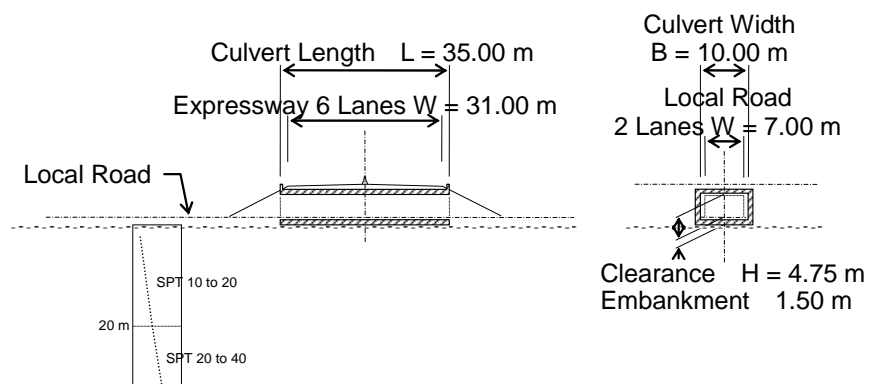
当高速道路は多くの地方道路と交差するが、すべて地方道路が高速道路の上を橋梁で跨ぐ形に設計されている。これらの立体交差橋梁の建設コストは取り付け道路のコストを含め高速道路プロジェクトの経費に組み込まれている。

しかし、現設計の図面 II-3.5 フライオーバー4 (KM59+260) をレビューした結果、立体交差の設計を高速道路が地方道路の上を跨ぐ形に変更するよう提言した。この地点の地盤はあまり軟弱でないことから高い盛土道路の工事が可能と判断できるので立体交差橋梁を短縮できる。したがって、大幅に橋梁コストを削減できるからである。代わりに、高速道路の下に 10 m 幅程度のボックスカルバートを建設すれば地方道路を最小コストで立体交差させることができる。(図 6.25 参照)

さらなるコスト削減策として、高速道路用地幅内の立体交差部分の建設コストだけを高速道路会計で負担し地方道路自体の建設コストは負担しないように提言する。



Grade Separation of Local Road over Expressway



Grade Separation of Expressway over Local Road

出典：JICA 調査団

図6.25. 高速道路と地方道路の立体交差

図 6.25 に示す地方道路の建築限界や盛土高さは参考値であり、地方政府に確認すべき事項である。

検討結果：高速道路が地方道路の上を跨ぐように変更する。

D/D では高速道路が地方道路の上を跨ぐ方が立体交差橋梁の幅が広いのでコストが高くなると判断しており、高速道路が地方道路を跨ぐ案については検討されていなかった。提言を検討した結果、この地点の立体交差については設計変更をした場合、建設費が抑えられる可能性があることが確認された。ただし、省道の建築限界を考慮し高盛り土への真空圧密工法 (VCM) など軟弱地盤対策工の適用範囲次第で建設費は大きく異なる。また、D/D コンサルタントによれば、この地方道は将来拡幅の予定があり、ティエンザン省人民委員会によってフライオーバー案が承認されていることも本提案の採用可否について考慮する必要がある。

### (3) 軟弱地盤地域の高架道路橋梁

PK11A 工区 (KM95+400 - KM98+000) は軟弱土層が深いので 2 km 以上も続く高架道路橋梁で設計されている。橋梁は軟弱地盤上で道路を支持するのに最も信頼性の高い構造ではあるが、当工区は当高速道路全線の中で最も建設コストが高くなっている。



る。

最終決定の前に今一度、より経済的な工法の検討を提言する。以下の4案を検討対象として提案する。

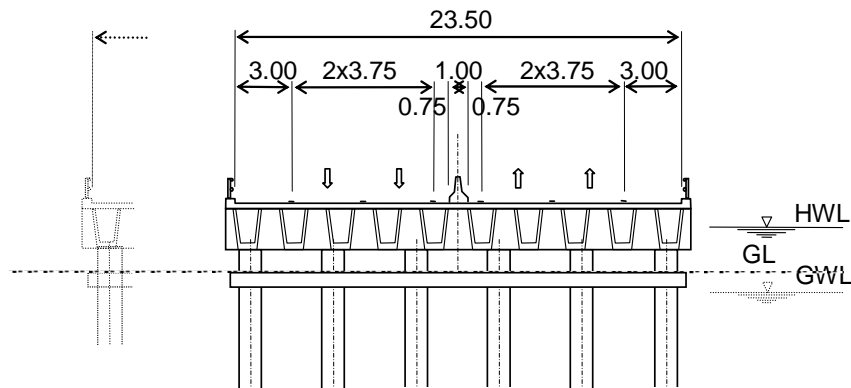
工法案1：長径間の高架道路橋梁（図 6.26）

工法案2：短径間の高架道路橋梁（図 6.27 および 6.28）

工法案3：置き換え+軽量道路盛土（図 6.29）

工法案4：PVD/盛土載荷+軽量道路盛土（図 6.30）

工法案1は現設計と同じ橋梁案であるが、スーパーT桁から従来型のI桁へ、片持ち構造橋脚から単純な柱構造へ、そして並列杭から単列杭配置へなどの構造変更により、まだコスト削減の余地がある。（図 6.26 参照）

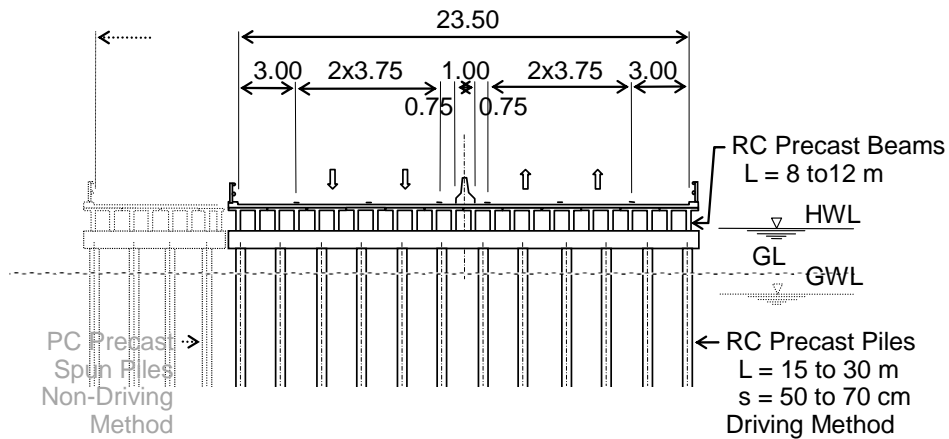


出典：JICA 調査団

図6.26. 工法案1:長径間の高架道路橋梁

多径間橋梁の経済的な径間長を探る方法として、二通りの径間割りケースすなわち（1）長径間の並列杭支持と（2）短径間の単列杭支持についてメートル当りの橋梁建設コストの比較を提言する。図 6.33 参照。

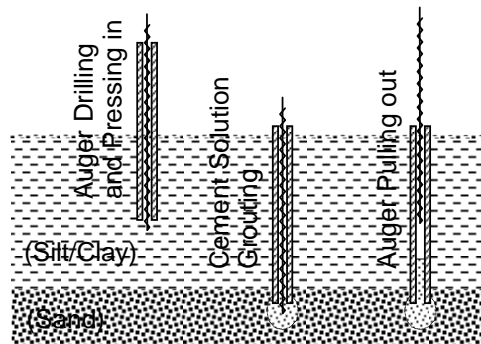
工法案2は工法案1と比較するために提案した別の橋梁案である。当案は小規模な高架構造を意図したもので短めのRCプレキャスト桁をプレキャスト杭で支持する案である。杭は中間砂層までの根入れを想定する。（図 6.27 参照）



出典：JICA 調査団

図6.27. 工法案2:短径間の高架道路橋梁

将来の6車線への拡幅工事に際しては、杭の近接工事のために打撃しない中掘り工法を提案する。(図6.28参照)



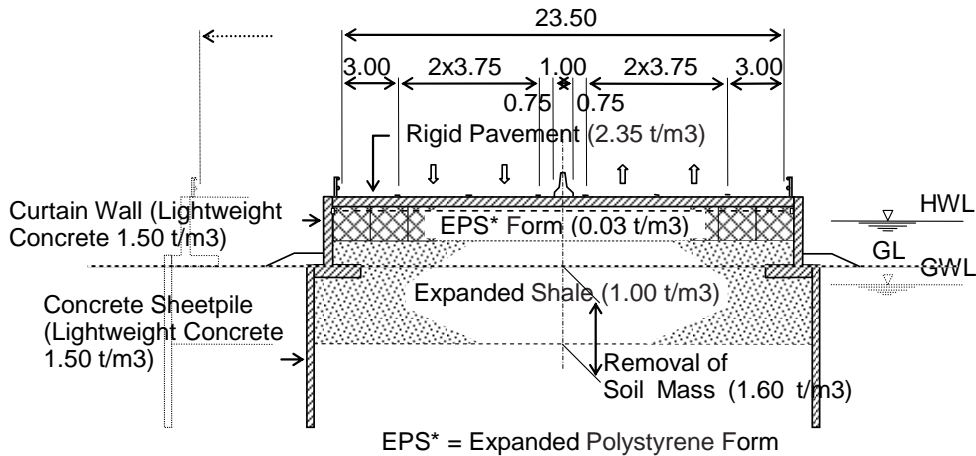
出典：JICA 調査団

図6.28. 打撃しない中掘り杭工法

工法案3はEPS(発泡スチロール)や膨張頁岩などの軽量盛土材料を使った盛土道路案である。軽量盛土材料を使った道路施工はノルウェー、米国や日本などに見られる。当工法は原則として地盤沈下を想定しないので盛土載荷期間を必要としない。したがって、急速な盛土施工が可能である。しかし、地下水面下における軽量盛土材料の置き換え工事には技術的困難が予想される。(図6.29参照)

当工法の設計の要点は以下の2点である。

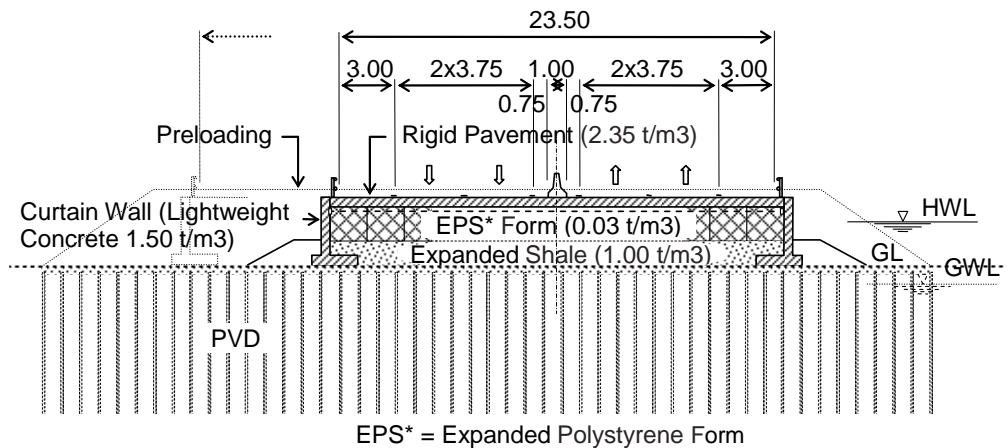
- 設計洪水位に対する浮力/揚圧力をチェックする。100年確率洪水に対しては安全率1.05あれば十分と思われる。
- 地盤除去の跡を軽量盛土材料で埋め、全道路盛土荷重を取り除いた地盤の重量に釣り合わせる。



出典：JICA 調査団

図6.29. 工法案3:置き換え+軽量道路盛土

工法案4は地盤の除去を避けるために軟弱地盤改良と軽量道路盛土を組み合わせた工法の提案である。道路盛土荷重を軽減することにより軟弱地盤改良（PVD）工事の規模を縮小し、あわせて残留沈下量を抑えることができる。（図 6.30 参照）



出典：JICA 調査団

図6.30. 工法案4:PVD/盛土载荷+軽量道路盛土

検討結果：工法案2：短径間の高架道路橋梁が最も経済的な工法と予想される。ただし、打ち込み杭が適用できる深さに支持層が存在するかどうか、また支持層と想定している中間砂層の下の土層の圧密特性など詳細に検討し残留沈下が許容内になることを確認する必要がある。

ベトナムでは軽量盛土材料を使った道路工事の経験はない。D/D コンサルタントJVのKCIによれば、韓国におけるEPSを使用した道路工事での浮力による失敗経験を紹介されている。また、KCIは、深い軟弱地盤の状況とそれ故、困難が予想されるPVD工事を高架道路橋梁適用の理由として説明した。

ベトナムにはまだ当工法の施工例はないが、試みに工法案4：PVD/盛土载荷+軽量



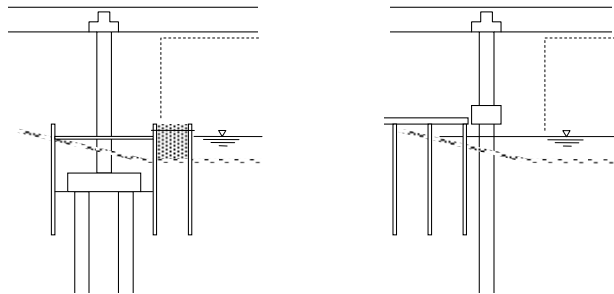
道路盛土に基づく道路建設コストを見積もると3億2千万ドン/mになった。これは従来型の盛土工法より高い建設コストであるが高架道路橋梁よりはかなり廉価である。この道路建設コストの差は、EPS使用の軽量盛土工法を橋梁アプローチ部に適用し橋梁スパンを短くすることによりさらに橋梁コストを削減できる可能性を示すものである。

#### (4) 橋梁形式と構造の変更

橋梁形式と構造の変更により橋梁建設コストを削減できる。

##### a) パイルキャップの位置と杭列

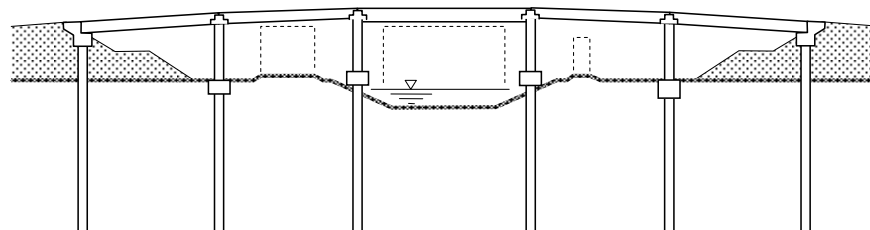
パイルキャップ工事の仮締め切りと排水工事を省くためにパイルキャップの位置を水面上に上げる。また、水面上のパイルキャップ幅を抑えるため、径間長を短くして単列杭配置の可能性を検討するよう提言する。(図6.31参照)



出典：JICA 調査団

図6.31. パイルキャップの位置と杭列

工事中に単独で立つ単列杭の橋脚は橋軸方向にはあまり強くないが、橋梁全体の完成後は橋梁全体のフレーム構造によって橋軸方向の安定は保たれる。(図6.9参照)



出典：JICA 調査団

図6.32. 橋梁フレーム構造による横方向の安定

橋台設計の留意点として、橋台の工事は接続する道路盛土の荷重期間の完了後に開始できる。そして、橋台は杭に支持されるので盛土上に設置することができる。完成した盛土を掘削して橋台を地盤まで下げる必要はない。(図6.32参照)

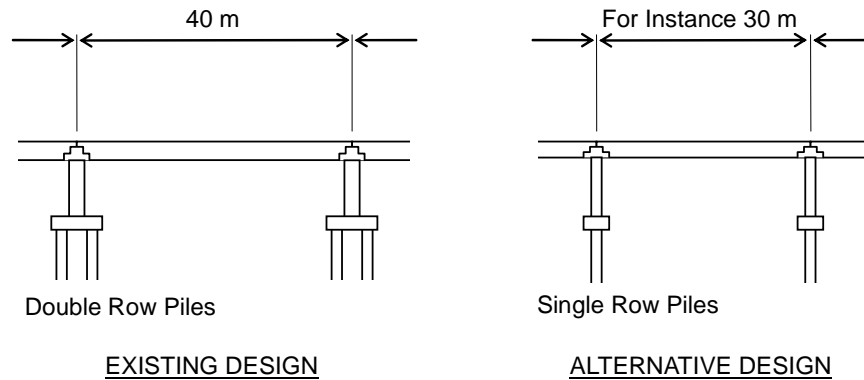
検討結果：水路上の橋脚パイルキャップは水面上に上げる。

単列杭配置と橋台設計の提案については、構造解析などD/Dにて詳細検討が必要であ

る。

#### b) 多径間橋梁の経済的径間長の検討

既存設計の多径間橋梁は標準支間長 40 m のスーパーT 桁を並列配置の直径 1.2 m の杭で支持する設計を一義的に適用している。しかし、プロジェクト道路上には 2 km の高架道路橋梁を含めて多径間橋梁が多数、存在する。したがって、支間長と杭本数の組み合わせを変えた橋梁設計との比較によっては建設コストの下がる可能性がある。この見通しに立ち、(1) 既存設計の支間長 40 m の並列杭支持と (2) 対案として短めの径間長の単列杭支持の 2 設計案についてメートル当りの建設コストの比較を提言する。比較案の支間長は単列杭で支持可能な最大支間長を構造解析から算出する。(図 6.33 参照)



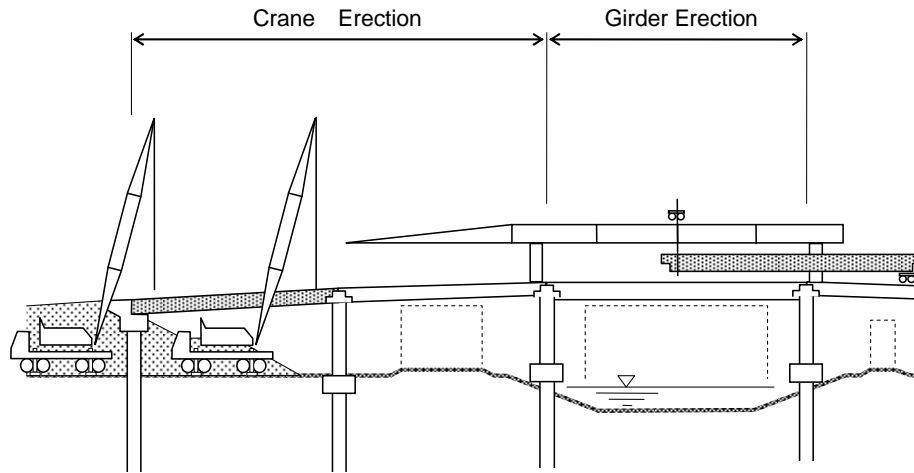
出典：JICA 調査団

図6.33. 経済的径間長を検討するための比較案

検討結果：多径間橋梁の経済的な径間長については、D/D にて構造解析を実施する必要がある。

#### c) 廉価なプレキャスト桁の優先使用

既存設計は比較的、広い水路を横断するために片持ち工法箱桁を適用した。これは水路上ではプレキャスト桁のクレーン架設ができないと判断されたからで高コストにもかかわらず片持ち工法箱桁で設計された。しかし、航行幅 30m 程度の水路であれば架設桁を使用すれば水路上においても架設工事は可能になるのでプレキャスト桁の適用を提案する。(図 6.34 参照)



出典：JICA 調査団

図6.34. 水路上のプレキャスト桁架設工法

プレキャスト桁の形状については単純な I 桁の方が複雑なスーパーT 桁より廉価になると予想されるので両桁のコスト比較を提言する。

検討結果： 30 m 幅の航路限界を跨ぐ箇所の片持ち工法箱桁はプレキャスト桁に変更する。しかし、スーパーT 桁は I 桁に変更しない。

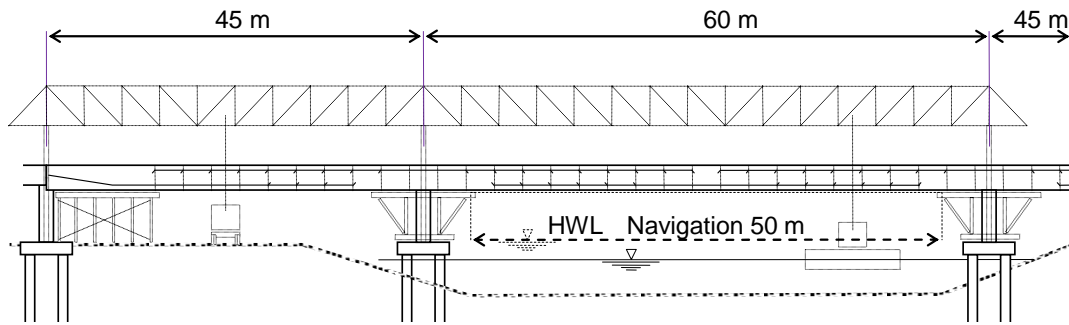
30 m 幅の航路限界を跨ぐ箇所の片持ち工法箱桁は 40 m のスーパーT 桁に変更できることを確認した。また、D/D コンサルタントによれば、ベトナムにおいては一般的にスーパーT 桁が I 桁より廉価である。

#### d) 片持ち工法箱桁の支間長縮小と固定桁高

既存設計は 50 m 幅の航路限界に対して支間長 85 m の変化桁高の片持ち工法箱桁を適用していた。既存設計は、また、片持ち工法箱桁の拡幅は困難と判断し当初の 4 車線の建設計画に対して 6 車線幅の橋梁設計をしていた。

しかし、支間長 85 m は過大設計と思われる。したがって、50 m の航路限界に対しては両側に余裕幅を加えても支間長 60 m 程度で十分であると提案する。60 m クラスのプレキャスト桁は重量が重くなるので水路上への桁の運搬と架設が困難である。したがって、支間長 60 m に適合する橋梁形式として固定桁高の片持ちプレキャストセグメント工法箱桁を提案した。固定桁高のセグメント工法箱桁は都市部交差点の立体交差橋梁によく見られる。固定桁高の採用により道路縦断高さを低くできる。(図 6.35 参照)





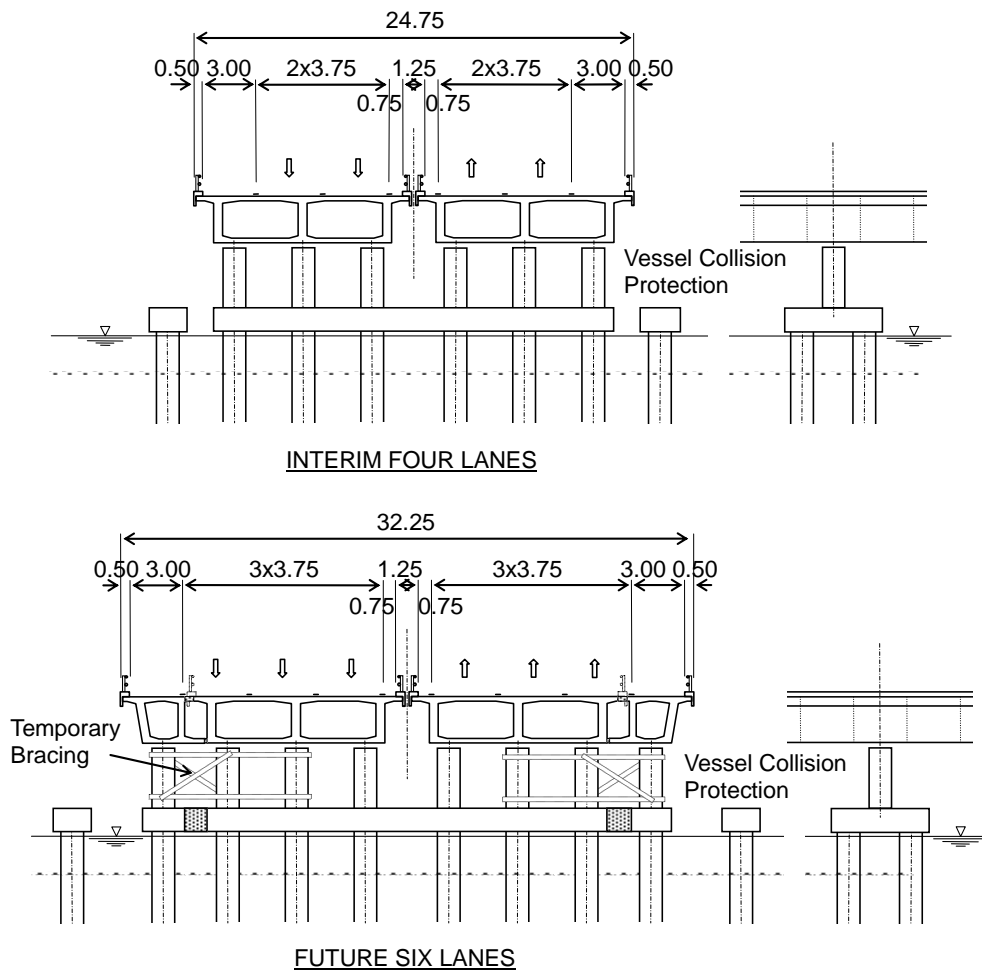
出典：JICA 調査団

図6.35. 固定桁高のセグメント片持ち工法箱桁

また、片持ち工法箱桁でも周到な設計によって拡幅は技術的に可能である。したがって、当初の橋梁建設は4車線幅で行い初期建設コストを低減するように提言する。(図6.36参照)

固定桁高のセグメント片持ち工法箱桁の設計に向け、以下に考慮すべき主要な設定について提案する。

- 支間長／桁高比率 23 とすれば桁の高さは 2.6 m 前後である。
- 桁セグメントの重量が重くならないように上部構造は上り線と下り線の分離構造とする。
- 将来の4から6車線への拡幅に対しては、3.75 m 幅の1室箱桁を既存橋梁の両側に、また既存橋梁から分離して、最初の建設時と同じような片持ち工法で架設する。その後、既存橋梁と新橋梁を接合する、最初はパイルキャップを、続いて箱桁と床版を接合する。図示のように、追加橋脚は工事中、単列の杭で支えられるので横方向にたわみやすい。したがって、一時的に既存橋梁の橋脚と水平方向に固定する必要がある。
- 架設機材が大型にならないように、また、新旧桁間の長期たわみ性状を合わせるために、セグメントブロックの片持ち工法による架設を推奨する。
- 航路限界の大きさから多数の船舶往来が予想される場合は船舶衝突防護の杭を提案する。



出典：JICA 調査団

図6.36. 固定桁高のセグメント片持ち工法箱桁橋梁

検討結果：4車線幅の固定桁高の箱桁に変更する。

50 m 幅の航路限界を跨ぐ箇所の橋梁は固定桁高の箱桁に変更可能である。片持ち工法箱桁橋梁でも、初期建設コストの削減のため、当初は4車線幅の建設を提言する。

#### (5) 箱桁橋梁の拡幅設計に対する技術メモ

拡幅された箱桁橋梁の死荷重、プレストレス、乾燥収縮やクリープおよび橋脚沈下起因する構造挙動は設計解析上、避けられない問題である。既存および新設の箱桁橋梁は床版を介して接合される。この二つの橋梁の接合は内部応力を誘発し二橋梁間に再分配されるが、接合部の床版には局所的な応力を発生させる。この内部応力の発生を抑制するために、新設橋梁の構造解析においては接合の時期、低収縮コンクリートの使用およびプレストレスの配置等に配慮する必要がある。構造解析の他に、接合部床版の詳細構造や施工手順を設計図上に明らかにしておくことも必要である。橋梁拡幅工事においては、設計で指定された工法と手順に従った工事を実施することが重要である。

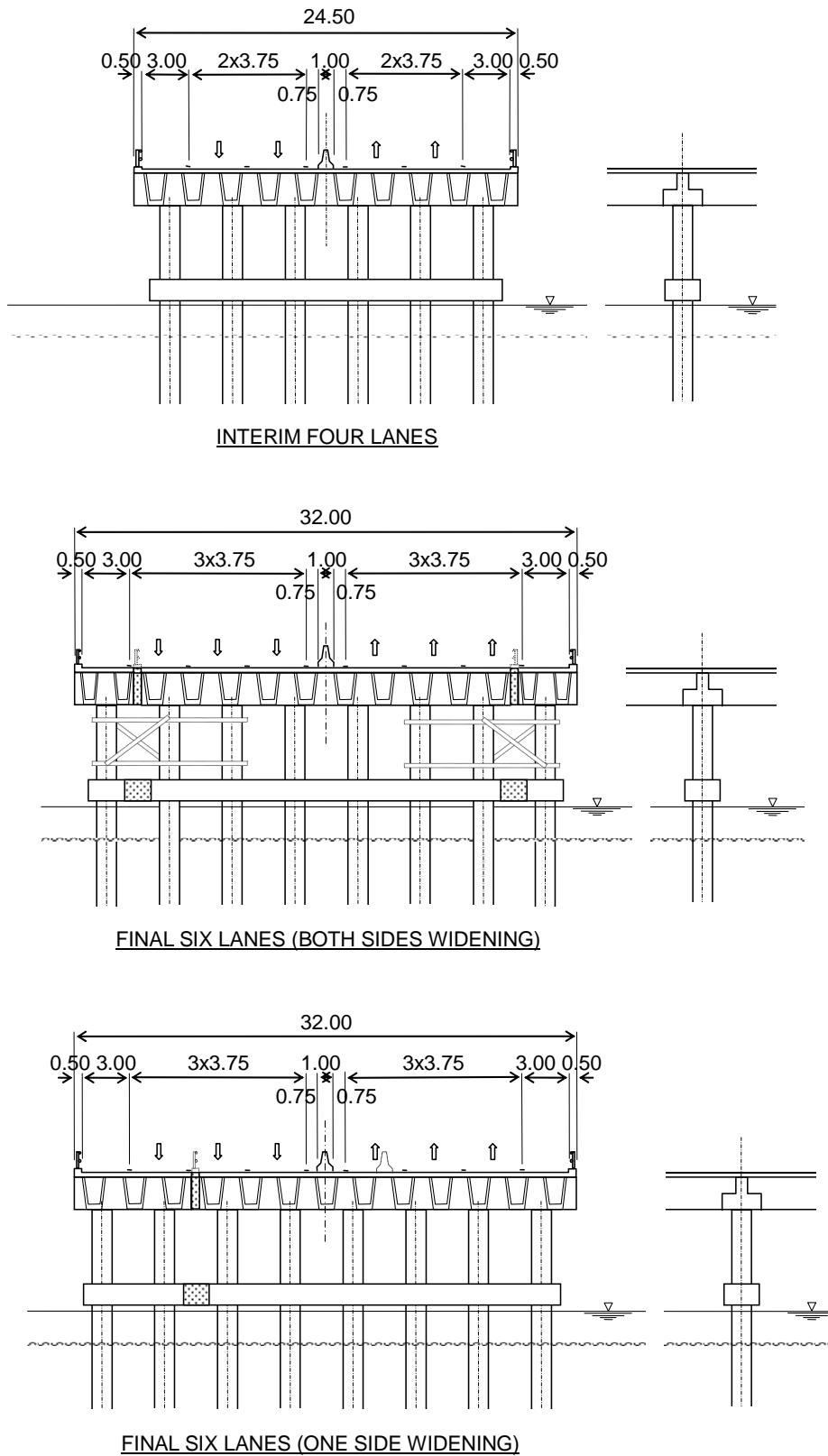
以下に橋梁拡幅工事に共通する技術上の鉄則を紹介する。

- 新旧橋梁の接合時期は出来るだけ遅くする。
- 低収縮コンクリートの使用は内部応力の発生を低減する。
- 新設橋梁のプレストレス設計を最適化することにより既存および新設橋梁内の応力状態を改善できる。
- 橋脚の沈下は絶対に抑制しなければならない。

#### a) 橋梁の拡幅方法

当高速道路は当初 4 車線で建設し将来、6 車線に拡幅する計画であり橋梁も 4 車線から 6 車線への拡幅が予定される。これに対して、既存設計のプレキャスト桁橋梁では、杭基礎の拡幅は困難という理由から、将来の 6 車線分の杭本数を当初から建設する設計になっている。しかし、上部構造は 4 車線分だけの設計である。片持ち工法箱桁橋梁は杭も上部構造も当初から 6 車線分の幅で設計されている。

しかし、当初の橋梁構造は全て 4 車線幅で設計するように提言する。これにより初期建設コストは低減される。橋梁担当は、設計で将来の拡幅を考慮しておけば、杭、上部構造ともに拡幅は技術的に困難ではないと提言した。左右対称の拡幅方法は拡幅後にも道路中心位置が変わらないが、左右 2 回の拡幅工事が必要である。さらに 3.75 m の狭い拡幅構造を保持するため一時的に筋かい材で固定する必要がある。一方、片側拡幅方法は 1 回の拡幅工事で済むので経済的であるが、道路中心位置が拡幅後に移動する。この道路中心位置の移動は取り付け道路の中で元の位置にすり付ける。(図 6.37 参照)



出典：JICA 調査団

図6.37. 橋梁の拡幅方法の提案

検討結果：初期建設のための橋梁設計は杭、上部構造ともに 4 車線幅の設計に修正す

る。

D/D コンサルタントは拡幅する時の既存橋梁に近接した追加の杭工事に不安を持ち、そのために当初の4車線段階から将来の6車線を支えるのに必要な杭本数の建設を考えたようである。しかし、調査団は、場所打ち杭は既存構造物に近接して施工する場合、最も安全な杭施工法と言われており施工の問題にはならないと判断した。近接した場所打ち杭工事はホーチミン市においても建築現場でよく見られることである。

### 6.2.3.7 代替案の評価

6.2.4.1にて提案した橋梁設計変更について、建設費の概算減額費用を算出し、表6.18の通り本事業にて採用する提案とすかどうか評価を行った。

表6.18. 橋梁設計代替案の評価

| 設計変更案            | 備考  | 短所（費用）                  |                 | 評価 |
|------------------|---|-------------------------|-----------------|----|
|                  |   | 増減額<br>(billion<br>VND) | 建設費に対する割合 (%) * |    |
| 橋梁延長の短縮          | <ul style="list-style-type: none"> <li>D/Dにて最大盛り土高適用済みのため縦断高さを下げる余地は残っていない。</li> </ul>  | ±0                      | 0.00%           | -  |
| 高速道路が地方道路をオーバーパス | <ul style="list-style-type: none"> <li>高盛り土となるため真空圧密工法など軟弱地盤対策工の適用範囲次第でコストは大きく増額する。</li> <li>ボックスカルバートでは将来拡幅に対応不可</li> </ul>      | -251.2                  | -1.57%          | -  |
| 軟弱地盤区間の高架道路橋梁代替案 | <ul style="list-style-type: none"> <li>工法案2の短径間の高架道路橋梁が費用削減効果は高い。</li> <li>しかし、支持層となる中間砂層位置やその下の粘性土の圧密特性等検討課題が多く残っている。</li> </ul> | -641.5                  | -4.00%          | -  |
| 橋梁形式と構造の変更       | <ul style="list-style-type: none"> <li>廉価なプレキャスト桁への変更</li> <li>固定桁高箱桁橋梁と経済的径間長の適用</li> </ul>                                      | -398.0                  | -2.48%          | 採用 |
|                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>水路上の橋脚パイルキャップを水面上に上げる。</li> </ul>  | -56.5                   | -0.35%          | 採用 |
| 橋梁の4車線設計と将来拡幅    | <ul style="list-style-type: none"> <li>拡幅時の杭近接施工に留意があるが、初期コスト削減効果は高い。</li> </ul>  | -718.3                  | -4.48%          | 採用 |

注) D/Dにおける建設費 VND16.029billion に対する増減費用の割合 (%)

出典：JICA 調査団



### 6.2.5 軟弱地盤対策工

検討対象の高速道路はメコンデルタと呼ばれる広大な地域を北東から南西に向けて横断する計画である。この地域の地盤条件について詳細は別途記述するが、全区間で一様ではなく軟弱地盤は概ね 5~40m の層厚で分布している。従って一般的に軟弱地盤上の建設において問題となる盛土工の滑り破壊や沈下などの現象の発生が懸念される。

軟弱地盤対策工はこれらの問題の対応策として計画され、その詳細設計が実施されている。本検討では詳細設計のレビューを行い、主にコスト削減の観点から推奨される代替案の提案を行っている。本節ではこれらの検討結果についてとりまとめを行った。

#### (1) 詳細設計のとりまとめ

##### 1) 軟弱地盤対策工の詳細設計の概要

##### a) 設計方針

##### (i) 準拠基準

設計条件は表 6.19 に示す基準を参照して決定されている。これらの基準はベトナム国の軟弱地盤対策工の設計で一般的に用いられており、その使用に問題はない。

表6.19. 引用した基準

| 設計基準   | 目的                                  |
|--|-------------------------------------|
| 22 TCN 211-2006<br>(For the design of flexible pavement) | 残留沈下量の設定                            |
| TCVN5729-1997<br>(Expressway design)                     | 残留沈下量の設定                            |
| 22TCN 262-2000   | 検討条件 (荷重・安全率)、<br>圧密沈下解析ならびに安定計算の手法 |

出典：JICA 調査団

##### (ii) 検討条件

検討条件は表 6.20 に示す。基準 22TCN211-2006 では一般盛土部の残留沈下量は 30cm 以下とされている。しかしながら本プロジェクトの周辺地域の実績を考慮したうえで、残留沈下量を 10cm に設定している。従って本設計は基準と比較して安全側の設定で実施されていることが分かる。

表6.20. 設計条件

| 区分   |       | Design criteria                               |
|------|-------|---|
| 沈下   | 残留沈下量 | $S_r \leq 10\text{cm}$                        |
|      | 圧密度   | $U \geq 90\%$                                 |
|      | その他   | 年あたりの残留沈下速度 $\leq 2\text{cm/year}$            |
| 安定   | 安全率   | 施工中 $F_s \geq 1.2$                            |
|      |       | 施工後 $F_s \geq 1.4$                            |
| 荷重条件 | 沈下解析  | 盛土荷重, 舗装荷重, 余盛荷重, 交通荷重 ( $=1.3\text{t/m}^2$ ) |
|      | 安定解析  | 盛土荷重, 舗装荷重, 余盛荷重, 交通荷重 ( $=1.5\text{t/m}^2$ ) |

出典：JICA 調査団

## (iii)設計方針

詳細設計において比較された軟弱地盤対策工の一覧表を表 6.21 に示す。本比較表を参考とし、対象区間に適用可能であると判断された場合には経済性に優れる PVD 工法（必要に応じて押え盛土を実施）を適用している。また一部軟弱地盤層厚が薄く適用可能である場所には置換工法を、PVD が何らかの理由により適用できないと判断される個所には DCM 工法、Pile slab 工法が適用されている。

比較されている工法についてはベトナム国で実績がある一般的な工法であり、また選定方針についても妥当性があると判断できる。

表6.21. 軟弱地盤対策工法比較表

|                      | Methods                               | Prefabricated Vertical Drain(PVD) with preloading                                  | Soil Replacement with Preloading  | Soil Replacement  | PVD+Surcharge +Counterweight   | SD+Surcharge +Counterweight  | Deep cement mixing column(DCM)  | Pile slab   |
|----------------------|---------------------------------------|--|---|---|--|--|---|---|
| Technical Issues     | Consolidation Settlement              | High   | Controlled by soil replacement thickness                                | Controlled by soil replacement thickness, can reach to zero             | High   | High   | Low   | Low   |
|                      | Residual Settlement                   | Can be controlled through proper application of surcharge                          | Controlled by replacement thickness and preloading period               | Controlled by soil replacement thickness                                | Controlled by spacing of PVD and Surcharge period                                  | Controlled by SD spacing and Surcharge period                                      | Controlled by length of pile  | Controlled by length of pile  |
|                      | Stability                             | Increase in Factor of Safety due to increase in soil strength during consolidation | Increase in Factor of Safety due to replacement with firmer soil        | Increase in Factor of Safety due to replacement with firmer soil        | Increase in Factor of Safety due to increase in soil strength during consolidation | Increase in Factor of Safety due to increase in soil strength during consolidation | Increase in Factor of Safety due to High load bearing capacity of DCM columns   | Increase in Factor of Safety due to High load bearing capacity of pile. |
| Financial Issues     | Maintenance Cost                      | Moderate   | Moderate  | Low   | High   | High   | Low   | Low   |
|                      | Construction Cost                     | Low if thickness of soft soil  | Moderate - Depend on replacement depth                                  | Depend on replacement depth   | Low  | Low  | Fairly high   | Fairly high   |
| Other Related Issues | Construction Period                   | Longest - depend on surcharge time   | Moderate - Depend on equipment used, material supply and surcharge time | Moderate - Depend on equipment used, material supply and surcharge time | Longest - depend on surcharge time   | Longest - depend on surcharge time   | Fast - Depend on equipment used.  | Fast - Depend on equipment used   |
|                      | Long Term Performance                 | Small differential settlement  | Small differential settlement   | Good  | Moderate   | Moderate   | Good  | Good  |
|                      | Right of Way                          | Require significant area for counterweight berm                                    | Require some ROW  | In area of roadbed occupancy  | Need large area for counter weight when deep soft soil, high embankment            | Need large areas for counter weight when deep soft soil, high embankment           | No need area for counter weight   | No need area for counter weight   |
|                      | Local Experience in Construction      | Good   | Good - Mainly earthwork   | Good - Mainly earthwork   | Moderate   | Moderate   | Little used   | Good - Mainly reinforcement concrete work                               |
|                      | Use in Vietnamese Road project before | Yes  | Yes   | Many  | Many   | Many   | Little  | Many  |
|                      | Market Supply                         | No problem, except sand mat supply   | Black sand fill supply may be major issue                               | No problem, mainly fine sand  | No problem, except sand mat supply   | Need a big quantity medium sand to make sand drain and sand mat layer              | No problem, except import of construction equipment   | No problem, mainly product in Viet Nam                                  |
|                      | Likelihood of Usage                   | Attractive method but requiring long construction period                           | Suitable method for thin soft clay deposit                              | Suitable solution for thin soft clay deposit                            | Attractive method with low cost but requiring long construction period             | Attractive method with low cost but requiring long construction period             | Attractive method with high cost and requiring experience in construction management, need more tests: pilot test, shear test, bearing capacity test etc... | Suitable solution for height and thickness of mud larger                |

出典：D/D

## b) 設計の概要

地質調査結果を踏まえ、上記の方針で区間ごとに適用する工法が選定されている。図 6.38～図 6.39 に地盤調査結果と適用した対策工法をまとめて示す。本結果からわかるように多くの区間で PVD が適用されており、軟弱地盤層厚が厚くなる終点側の工区 PK-10～PK-12 にて DCM が適用されている。図 6.40 には区間距離と軟弱地盤対策工のコスト（2011年10月時点・積算結果を利用）を取りまとめた。図 6.42 には、参考として算出した軟弱地盤対策工のコスト／盛土区間距離 (USD/km) をまとめて示す。本結果から、DCM の適用により PK-10～PK-12 の軟弱地盤対策工はその他区間と比較して高いレベルとなっており、特に PK-12 については対策工の費用が他の区間の 3～9 倍になっていることが分かる。本結果から、特に後半の区間の軟弱地盤対策工の設計についてはコスト削減に関する詳細なレビューが必要となると判断した。本検討の結果については(3) 3)PK-12 の対策工の照査に詳述する。

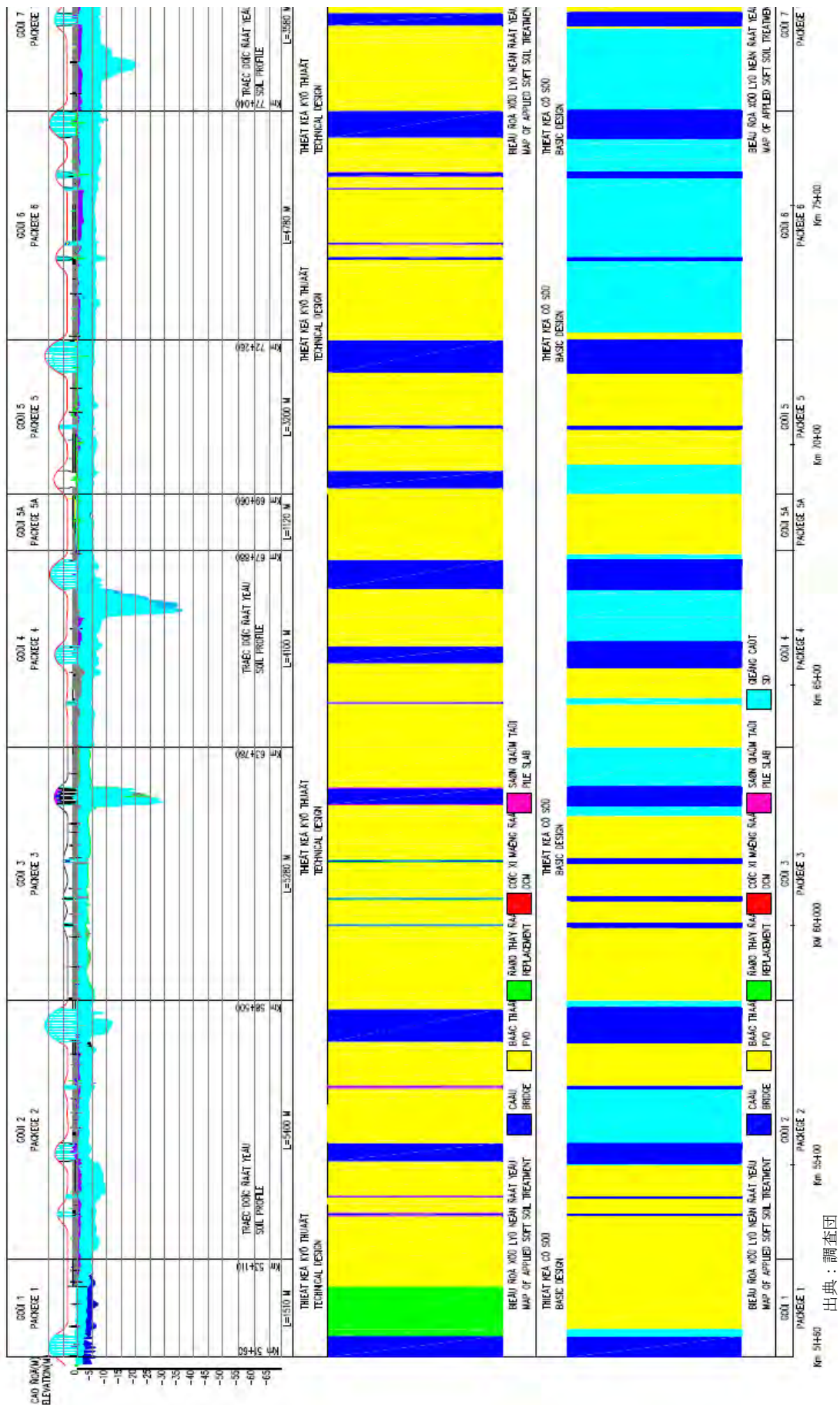
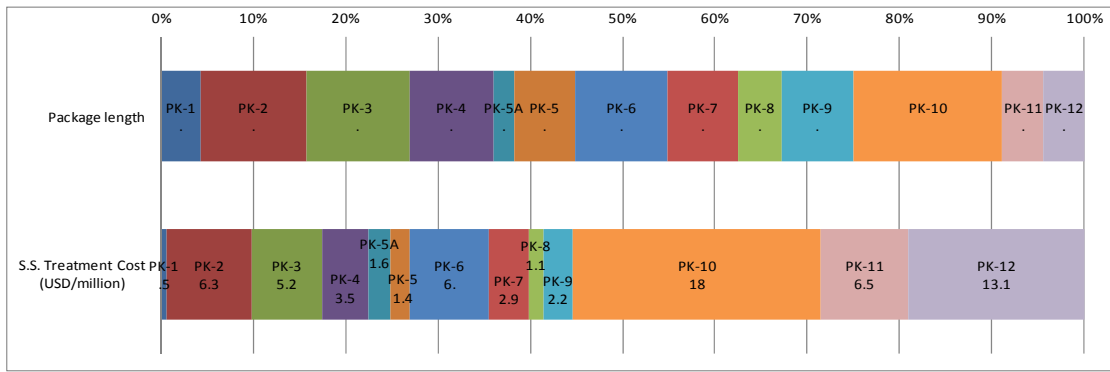


図6.38. 推定土層断面図と適用した軟弱地盤対策工法(PK-1～6)

出典：調査団







出典: JICA 調査団

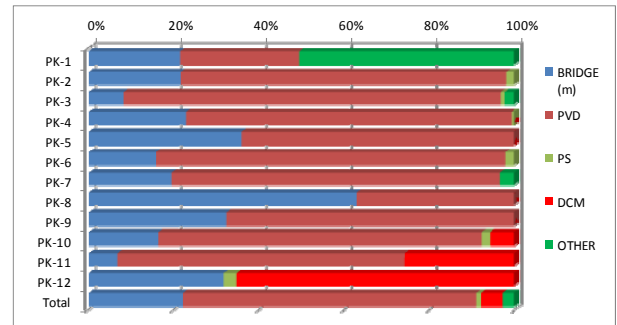
図6.40. パッケージ区分ごとの長さや軟弱地盤対策工費

図 6.40 には区間距離と軟弱地盤対策工のコスト (2011年10月時点・積算結果を利用) を取りまとめている。本結果から、軟弱地盤対策工の金額は終点側の区間である PK-10~PK-12 の費用で全体の 50% を超過しており、終点側の区間で対策工の規模が大きくなっていることが分かる。工費が高くなっている主な要因として、自然条件のレビューで述べたように PK-10 以降の区間で軟弱地盤層厚が 30m 前後と厚くなっていることが挙げられる。

図 6.42 には、表 6.23 にまとめた各パッケージの橋梁ならびに軟弱地盤対策工の長さを参考として算出した軟弱地盤対策工のコスト/盛土区間距離 (USD/km) をまとめて示す。本結果から、DCM の適用により PK-10~PK-12 の軟弱地盤対策工はその他区間と比較して高いレベルとなっており、特に PK-12 については対策工の費用が他の区間の 3~9 倍になっていることが分かる。この要因としては、先に上げたように軟弱地盤層厚が厚いこと、表 6.22、図 6.41 から分かるように全区間で DCM が適用されていることが挙げられる。

表6.22. 橋梁・軟弱地盤対策工の長さ

|       | TOTAL (m) | BRIDGE (m) | Soft Soil Treatment (m) |      |       |       |
|-------|-----------|------------|-------------------------|------|-------|-------|
|       |           |            | PVD                     | PS   | DCM   | OTHER |
| PK-1  | 2,050     | 444        | 570                     | 0    | 0     | 1,036 |
| PK-2  | 5,390     | 1,173      | 4,108                   | 104  | 0     |       |
| PK-3  | 5,280     | 440        | 4,673                   | 47   | 0     | 120   |
| PK-4  | 4,320     | 992        | 3,299                   | 30   | 0     |       |
| PK-5  | 3,100     | 1,118      | 1,982                   | 0    | 0     |       |
| PK-6  | 4,780     | 766        | 3,914                   | 100  | 0     |       |
| PK-7  | 3,580     | 697        | 2,762                   | 0    | 0     | 121   |
| PK-8  | 2,240     | 1,410      | 830                     | 0    | 0     |       |
| PK-9  | 3,660     | 1,189      | 2,471                   | 0    | 0     |       |
| PK-10 | 7,640     | 1,262      | 5,792                   | 150  | 436   |       |
| PK-11 | 2,120     | 147        | 1,426                   | 0    | 547   |       |
| PK-12 | 2,071     | 659        | 0                       | 60   | 1,353 |       |
| Total | 46,231    | 10,298     | 31,826                  | 491  | 2,335 | 1,277 |
|       |           | 22.3%      | 68.8%                   | 1.1% | 5.1%  | 2.8%  |



出典: 調査団

図6.41. 橋梁・軟弱地盤対策工の長さ

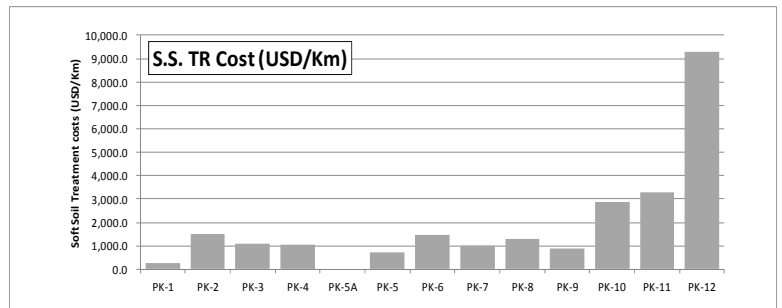


図6.42. 各パッケージの単位長さあたりの軟弱地盤対策工費

出典: 調査団



## c) PVD 工法について

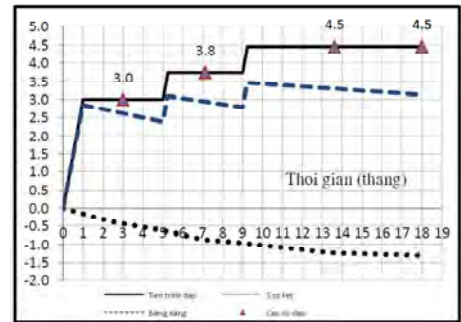
PVD (Prefabricated Vertical Drain) 工法は、既製の排水材料を粘性土地盤中に一定間隔で打設し、排水促進を図ることによって、沈下を早期に終了させる工法である。本工法は経済性と効果の確実性から軟弱地盤の基礎的な対策工法として広く一般に普及している。本詳細設計では最も多くの区間で PVD 工法が適用されている。計算結果の一例は図 6.43 に示す通りであるが、設計にあたっては盛土の開始から沈下の収束を待ち、残留沈下量が許容沈下量 (10cm) 以下となるまでの期間が 18 カ月以内となるように PVD の打設間隔を決定している。盛土の施工速度は 10cm/日を最大としている。なお、盛土段階ごとに安定計算を実施し、前述した基準に基づく滑りに対する安全率が許容安全率以上となっていることを解析によって確認している。

検討手法については一般的に実施される考え方に準拠しており、問題はない。

## c) 想定されるリスク

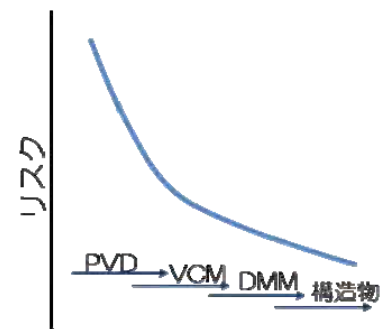
本詳細設計では経済性を考慮し、PVD 工法を主要な対策として工法が選定された。本工法は沈下促進により、残留沈下量を低減する工法であることから、設計時に想定した挙動を示さないリスク、工期が遅れ十分な放置期間が取れないことにより残留沈下が発生するリスクがあり、具体的には表 6.23 に示すようなリスクが発生し得る。

残留沈下が発生させない (発生したとしてもきわめて僅かな量) 対策工法としては深層混合処理工法やパイルスラブによる工法などが考えられるが、前述のように工費は PVD と比較して 3~9 倍に上がることから、施工時の十分な管理によってリスクを低減することが肝要である。なお、後述する代替案の検討にて、工事遅延が大きい一部の区間のリスクを減ずるための対策について検討している。



出典: D/D

図6.43. PVD 適用部の段階盛土の例



出典: 調査団

図6.44. 軟弱地盤に係るリスクとコストのイメージ

表6.23. 想定されるリスク例

| 施工中のリスク                                      |                                      | 供用開始後のリスク                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|--|
|  |                                      |  |  |
| <p>プレローディング工法において、沈下が想定通り進行しないことによる工期の遅れ</p> | <p>施工中の盛り土の不安定化とその対応・再施工に伴う工期の遅れ</p> | <p>残留沈下により構造物との接合部で段差が発生し、走行性が悪化しメンテナンスが発生</p> | <p>残留沈下が発生し、盛土表面が逆勾配となり、排水不良のためメンテナンスが発生</p> |

出典：JICA 調査団

(2) 照査解析の実施

詳細設計で実施されている解析の妥当性を検証するために、詳細設計で用いているものとは違う基準・解析コードを使用した照査解析を実施した。その結果について以下に取りまとめる。解析検討は、沈下量が多く安定上も厳しい条件となる PK-4 の Section10 の条件で実施した。

1) 圧密沈下解析

圧密沈下解析は基準による差異はなく、基本となる一次元圧密沈下理論に基づく計算式は同様である。解析プログラムによる計算結果の違いは主に2次元断面中の土中の応力分散に関する考え方の相違によって発生していると考えられる。

表6.24. 解析結果

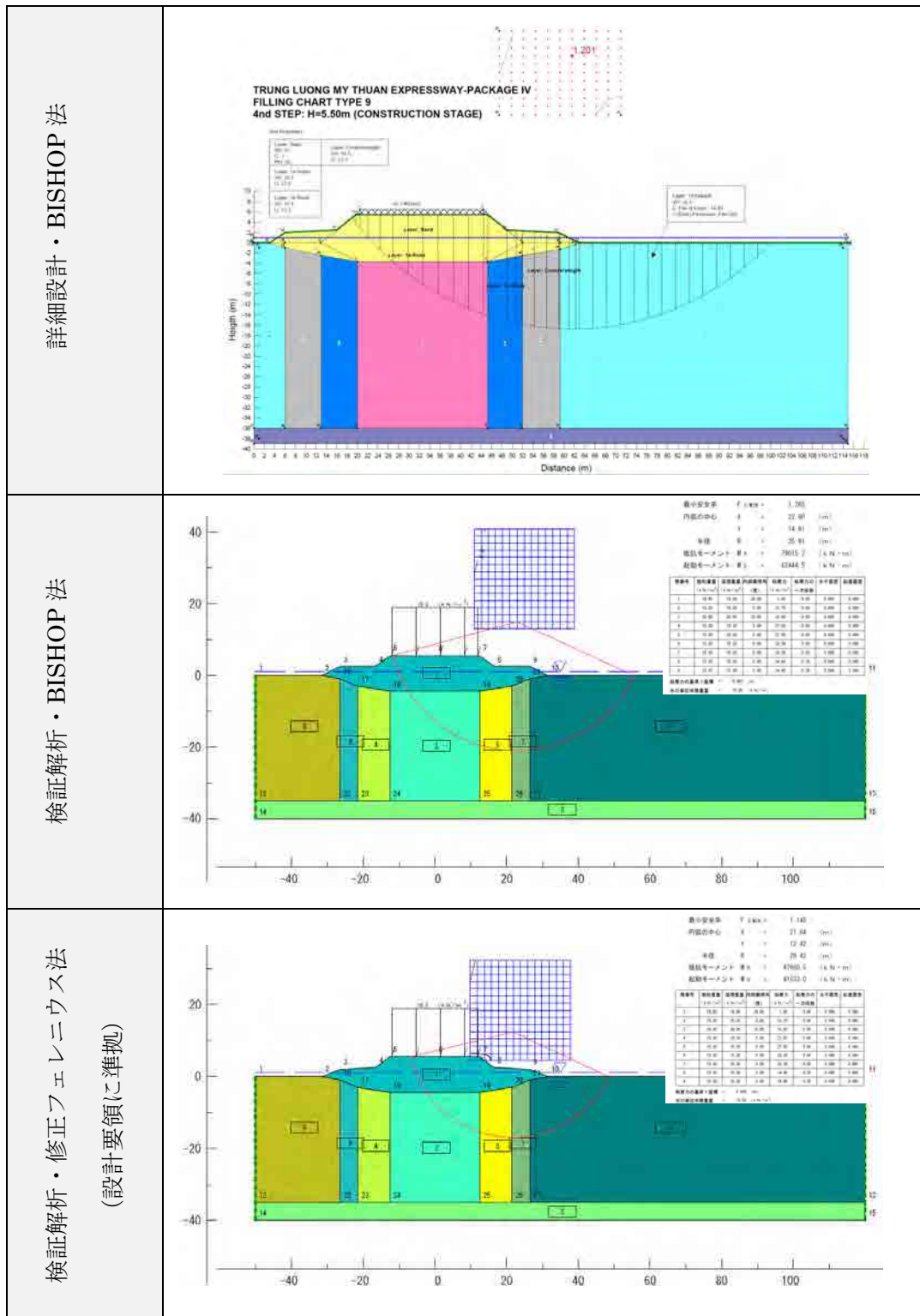
|         | 詳細設計による解析 | 照査解析 |
|---------|-----------|------|
| 最終沈下量   |           |      |
| 沈下の経時変化 |           |      |

出典：JICA 調査団

沈下検討結果は上記に示すように、条件を等しくした解析で概ね同等の検討結果となっており、詳細設計における解析に妥当性があると判断する。

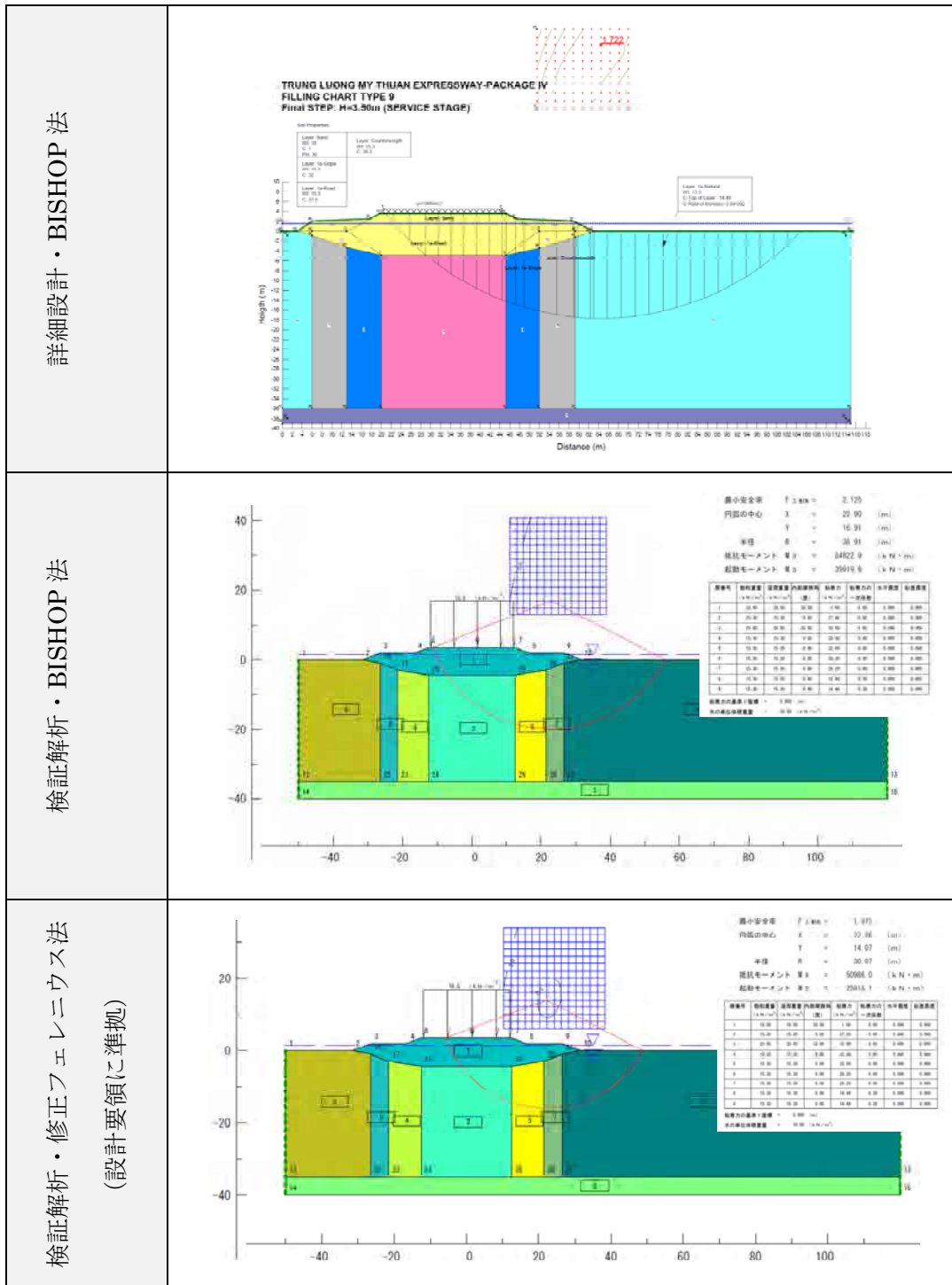
## 2) すべり安定解析

すべり安定解析は詳細設計では解析ソフト GEO SLOPE を用い、BISHOP 法により実施されている。本検討においては解析ソフト COSTANA を用い、照査の参考とするため BISHOP 法ならびに「設計要領・第一集土工編」(H22.7 東日本高速道路株式会社他)に準拠した修正フェレニウス法にて検討を実施した。検討は施工時のステップ 4 ならびに供用開始時の 2 ケースについて実施した。結果は図 6.45、図 6.46 に示す通りである。本結果に示すように、同条件で計算を実施した場合には安全率  $F_s$  で 0.05 程度の差異は認められるが、概ね同等の結果となっており、詳細設計の解析に問題はないと判断する。なお、設計要領に準拠したケースでは 0.1 程度 BISHOP 法と比較して  $F_s$  が下がる傾向にあるが、同設計要領では施工時(盛土の立上り時)の最小安全率が 1.1、供用開始時の最小安全率が 1.25 と設定されており、いずれの結果も本許容値を満足するため、問題はないと判断する。



出典：JICA 調査団

図6.45. 詳細設計における解析と検証解析結果(施工時)



出典：JICA 調査団

図6.46. 詳細設計における解析と検証解析結果(供用開始時)



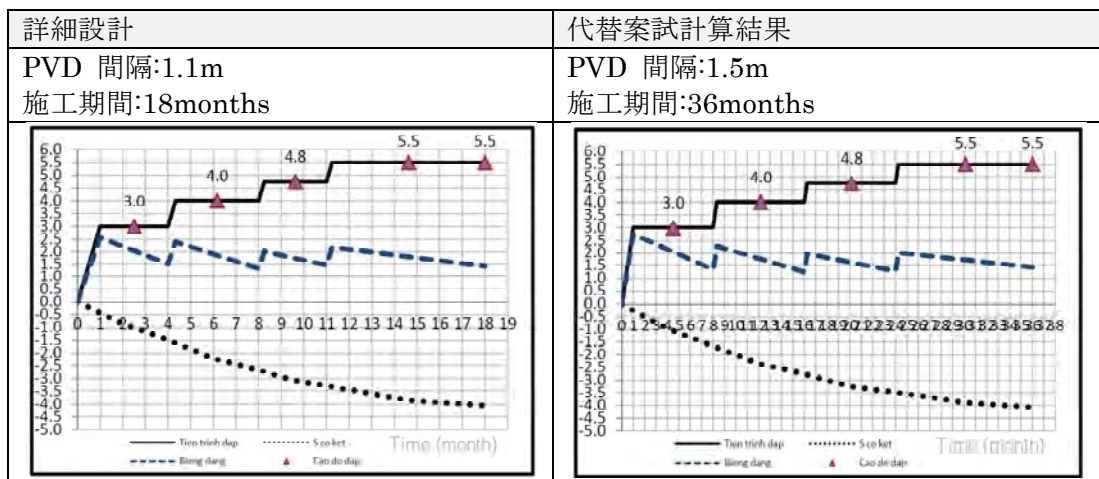
(3) 軟弱地盤対策工・代替案の検討

1) 施工期間の延長案

PVD を始めとする圧密促進工法を適用している軟弱地盤対策工において、コスト縮減を図る手法の一つは、施工期間を長くとることである。現在の設計は盛土開始～放置期間を 18 カ月以内となる条件で検討を行い、PVD の間隔を決定している。本検討では施工期間を延伸することでどの程度のコスト縮減が図れるのかを検討するため、18 カ月→36 カ月とした場合に必要となる PVD の間隔ならびにコストの検討を実施した。検討はプロジェクト全体の中で、軟弱地盤層厚が厚く、かつ沈下の進行が遅い区間として PK-4 Section10 をモデルとして計算を実施した。

検討の結果、表 6.25 に示すように PVD 間隔を 1.1m から 1.5m に広げることが可能であると判断した。その際のコストは表 6.26 の通りとなり、このケースでは合計金額で 7%減となること分かる。

表6.25. 代替案1・施工期間延長案



出典: JICA 調査団

表6.26. 代替案1・施工期間延長案の概算コスト

| Item                                   | Unit           | Unit cost  | Quantity        |               | Cost                  |                       | decrease rate |
|--|----------------|------------|-----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|  |                |            | Detailed Design | Alternative 1 | Detailed Design       | Alternative 1         |               |
| <b>SOFT SOIL TREATMENT</b>             |                |            |                 |               |                       |                       |               |
| - Surcharge by fine sand K90           | m <sup>3</sup> | 110,000    | 41,743          | 41,743        | 4,591,757,073         | 4,591,757,073         |               |
| - Removing surcharge                   | m <sup>3</sup> | 32,000     | 41,743          | 41,743        | 1,335,783,876         | 1,335,783,876         |               |
| - PVD                                  | m              | 10,000     | 497,506         | 320,205       | 4,975,061,000         | 3,202,051,000         | 35.6%         |
| - Polyester Covering sheet             | m <sup>2</sup> | 7,000      | 24,566          | 24,566        | 171,964,665           | 171,964,665           |               |
| - Covering settlement by fine sand K95 | m <sup>3</sup> | 116,000    | 81,472          | 81,472        | 9,450,797,748         | 9,450,797,748         |               |
| - Medium sand mat                      | m <sup>3</sup> | 180,000    | 14,333          | 14,333        | 2,579,940,000         | 2,579,940,000         |               |
| - Fine sand (counterweight)            | m <sup>3</sup> | 116,000    | 16,051          | 16,051        | 1,861,939,200         | 1,861,939,200         |               |
| - Vacuum pump 60~70KPa                 | m <sup>2</sup> | 840,000    |                 |               | -                     | -                     |               |
| - Steel panel                          | m              | 147,000    |                 |               | -                     | -                     |               |
| <b>MONITORING TASK</b>                 |                |            |                 |               |                       |                       |               |
| - Settlement plate                     | piece          | 1,500,000  | 20              | 20            | 30,000,000            | 30,000,000            |               |
| - Inclinometer                         | piece          | 26,000,000 | 8               | 8             | 208,000,000           | 208,000,000           |               |
| - Observation well                     | piece          | 2,000,000  | 8               | 8             | 16,000,000            | 16,000,000            |               |
| - Lateral displacement observing stake | piece          | 120,000    | 24              | 24            | 2,880,000             | 2,880,000             |               |
| - Electrical piezometer                | piece          | 58,000,000 | 4               | 4             | 232,000,000           | 232,000,000           |               |
| <b>TOTAL</b>                           |                |            |                 |               | <b>25,456,123,562</b> | <b>23,683,113,562</b> | <b>7.0%</b>   |

出典: 調査団

本結果を参考として、全区間で本 PVD の削減を適用したと仮定した場合の工費については以下に示す表の通り、各パッケージにおける軟弱地盤対策工費に、橋梁を除く一般区間に対して PVD を適用した区間の割合を算出して掛けたものを PVD のコストとし、その7%が削減されると考えて算出した。算出結果は表 6.27 に示す通りである。

表6.27. 代替案1・PVD を全区間に適用した場合の概算削減額

|       | 1)Soft Soil Treatment Cost (VND) | 2)Percentage of PVD length | Reduce cost 1)x2)x7% (VND) |
|-------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| PK-1  | 12,997,495,593                   | 35.5%                      | 322,914,118                |
| PK-2  | 190,949,108,906                  | 97.4%                      | 13,019,740,695             |
| PK-3  | 196,183,982,328                  | 96.5%                      | 13,259,047,488             |
| PK-4  | 98,892,199,210                   | 99.1%                      | 6,862,631,296              |
| PK-5  | 36,654,690,254                   | 100.0%                     | 2,565,543,513              |
| PK-6  | 107,858,134,746                  | 97.5%                      | 7,362,047,441              |
| PK-7  | 74,564,922,747                   | 95.8%                      | 5,000,108,519              |
| PK-8  | 27,371,857,740                   | 100.0%                     | 1,916,030,042              |
| PK-9  | 57,262,416,462                   | 100.0%                     | 4,008,369,152              |
| PK-10 | 467,793,663,234                  | 90.8%                      | 29,737,334,315             |
| PK-11 | 167,523,359,808                  | 72.3%                      | 8,475,095,297              |
| PK-12 | 335,157,318,227                  | 0.0%                       | 0                          |
| Total |                                  |                            | 92,528,861,876             |

出典：JICA 調査団

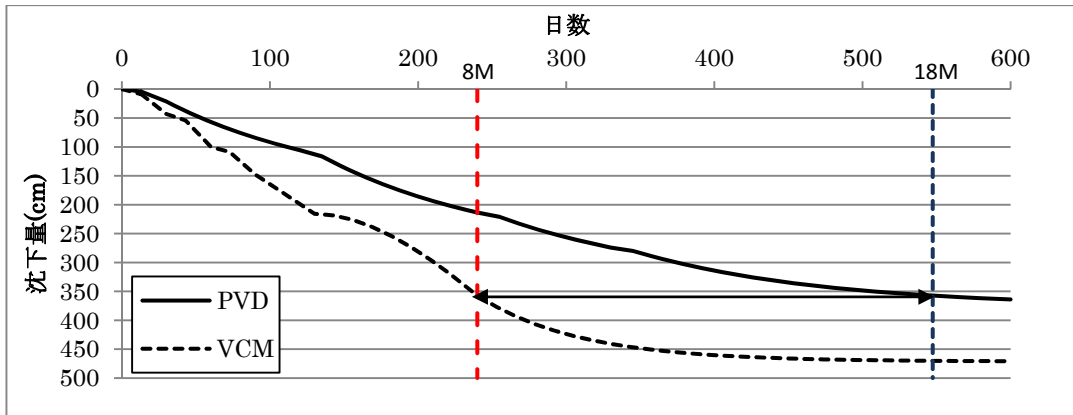
なお、本対策を適用した場合には、盛土開始～放置期間終了まで36カ月かかるため、全体工期は2年程度多くなり、供用開始が同期間延びることとなる。本結果削減できるコストは上記の通り 92(bil.VND)程度と想定され、全体工費の1%に満たない削減額である。よってインフレによる橋梁構造物施工等のための資材の調達コストの増大を考慮すると、供用開始の遅延に対して本案を採用することの合理性はない。従って、供用開始の遅れを許容する他の要因がない場合には、本案の適用は推奨されない。

## 2) 真空圧密工法 (VCM) の適用

真空圧密工法 (VCM) は地中に打設した PVD の頂部を接続し、真空ポンプをつないで地中の間隙水を強制的に排水して沈下を促進する工法である。本工法は通常の PVD 工法と比較して地盤の圧密沈下と強度増加の促進を図ることが可能であり、盛土の施工期間ならびに放置期間の短縮が可能である。一方で真空ポンプ等機材の追加ならびに PVD の接続などの工程の増加により、PVD と比較してコストは増加する。本工法はまだ一般的に実施される工法ではないため、設計時点で比較対象としてあがっていないが、最近ベトナム国においても実績ができており、またコストも深層混合処理工法 (DCM) と比較して一般的には低いことから検討する価値があると判断した。検討はプロジェクト全体の中で、軟弱地盤層厚が厚く、かつ沈下の進行が遅い区間として PK-4 Section10 をモデルとして計算を実施した。

計算結果は図 6.47 に示す通りとなり、ポンプによる真空圧を 60kPa 考慮して PVD の打設間隔を 80cm とした場合に、8 カ月で PVD のケースのほぼ 18 カ月と同等の沈

下量が得られ、圧密度が真空圧を載荷しない場合の 95%を超過する計算結果となっている。



出典：JICA 調査団

図6.47. 解析結果(VCM 適用ケースとPVD の比較)

また、VCM (PVD 間隔 80cm/8 ヶ月間) を適用した場合の概算コストを算出し、現設計による PVD のケースとの比較結果を以下に示した。本結果から、PVD を適用したケースと比較した場合、VCM を適用すると 36%程度工費が増加することが分かる。

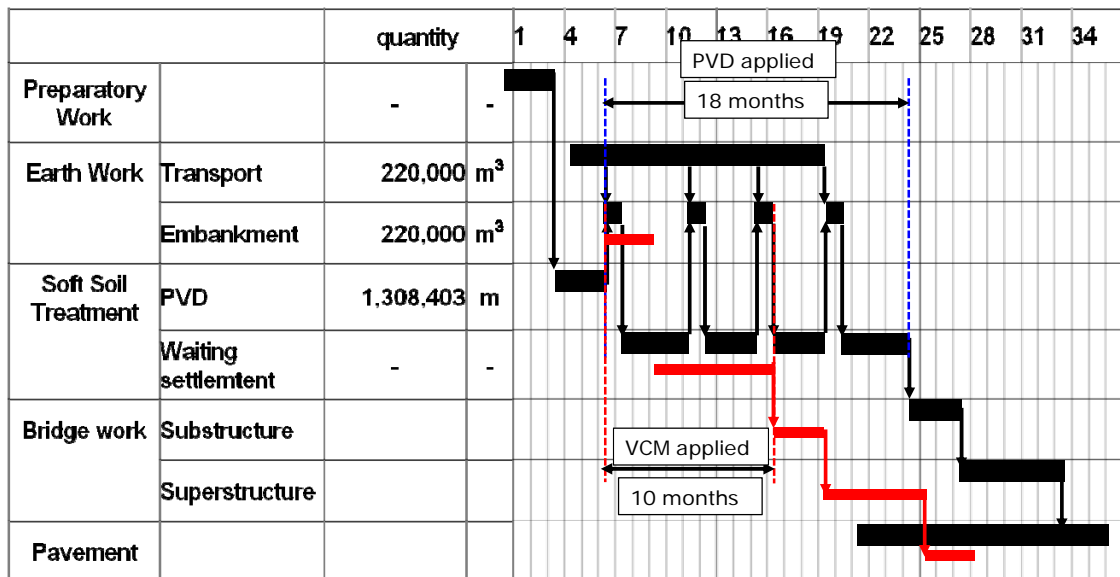
表6.28. VCM を適用した場合の概算コスト(PK-4, Section10)

| Item                                   | Unit           | Unit cost  | Quantity        |               | Cost                  |                       | decrease rate |
|--|----------------|------------|-----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------|
|  |                |            | Detailed Design | Alternative 3 | Detailed Design       | Alternative 3         |               |
| <b>SOFT SOIL TREATMENT</b>             |                |            |                 |               |                       |                       |               |
| - Surcharge by fine sand K90           | m <sup>3</sup> | 110,000    | 41,743          |               | 4,591,757.073         | -                     |               |
| - Removing surcharge                   | m <sup>3</sup> | 32,000     | 41,743          |               | 1,335,783.876         | -                     |               |
| - PVD                                  | m              | 10,000     | 497,506         | 801,276       | 4,975,061.000         | 8,012,756.000         | -61.1%        |
| - Polyester Covering sheet             | m <sup>2</sup> | 7,000      | 24,566          | 20,273        | 171,964.665           | 141,911.912           | 17.5%         |
| - Covering settlement by fine sand K95 | m <sup>3</sup> | 116,000    | 81,472          | 72,438        | 9,450,797.748         | 8,402,855.499         | 11.1%         |
| - Medium sand mat                      | m <sup>2</sup> | 180,000    | 14,333          | 9,570         | 2,579,940.000         | 1,722,600.000         | 33.2%         |
| - Fine sand (counterweight)            | m <sup>3</sup> | 116,000    | 16,051          |               | 1,861,939.200         | -                     | 100.0%        |
| - Vacuum pump 60~70KPa                 | m <sup>2</sup> | 840,000    |                 | 18,720        | -                     | 15,724,800.000        | **            |
| - Steel panel                          | m              | 147,000    |                 | 1,038         | -                     | 152,586.000           |               |
| <b>MONITORING TASK</b>                 |                |            |                 |               |                       |                       |               |
| - Settlement plate                     | piece          | 1,500,000  | 20              | 12            | 30,000.000            | 18,000.000            |               |
| - Inclinometer                         | piece          | 26,000,000 | 8               | 8             | 208,000.000           | 208,000.000           |               |
| - Observation well                     | piece          | 2,000,000  | 8               | 8             | 16,000.000            | 16,000.000            |               |
| - Lateral displacement observing stake | piece          | 120,000    | 24              | 24            | 2,880.000             | 2,880.000             |               |
| - Electrical piezometer                | piece          | 58,000,000 | 4               | 4             | 232,000.000           | 232,000.000           |               |
| <b>TOTAL</b>                           |                |            |                 |               | <b>25,456,123,562</b> | <b>34,634,389,411</b> | <b>-36.1%</b> |

出典：JICA 調査団

以上のケースは一例であり、VCM を実施する場合のコストは許容する建設工期により PVD 打設間隔が変わることから変化するが、上記の結果から VCM を適用した場合のコストは概ね当初設計 (PVD) と比較して 3~4 割程度増加する。一方で建設工期については当初 18 カ月かかる工程を 8 カ月程度に短縮することができる利点がある。現計画において、橋台接合部の盛土部における施工は概略的に図 6.48 の図中黒線に示すような工程計画となり非常にタイトな余裕のない工程となる。この場合、準備工、盛土材料の採取・搬入、圧密沈下の進行に遅れが出た場合には、供用開始が遅れる可能性が高くなる。VCM を適用した場合には盛土開始から放置期間の完了まで 10 カ月に短縮できるとすると、図中盛り土開始以降赤線に示すような工程となり、工事期間に

余裕が生まれ、工事遅延のリスクを大幅に低減することが可能である。



出典：JICA 調査団

図6.48. 概略工程(橋梁背面部)の比較結果

本事業において軟弱地盤対策工を含めた工程上のリスクが高い区間は、軟弱層厚が比較的厚く、圧密係数  $C_v$  が小さいため圧密の進行が遅いことが想定され、かつ橋梁背面の区間である PK-4 Section11 の区間であると判断する。

上記の結果を踏まえ、PK4Section11 で提案する VCM によるコストの増分は (PK-4 Section11 の長さ) / (PK-4 Section10 の長さ) を算定されたコストにかけて算定すると 2.18(bil.VND)となる。

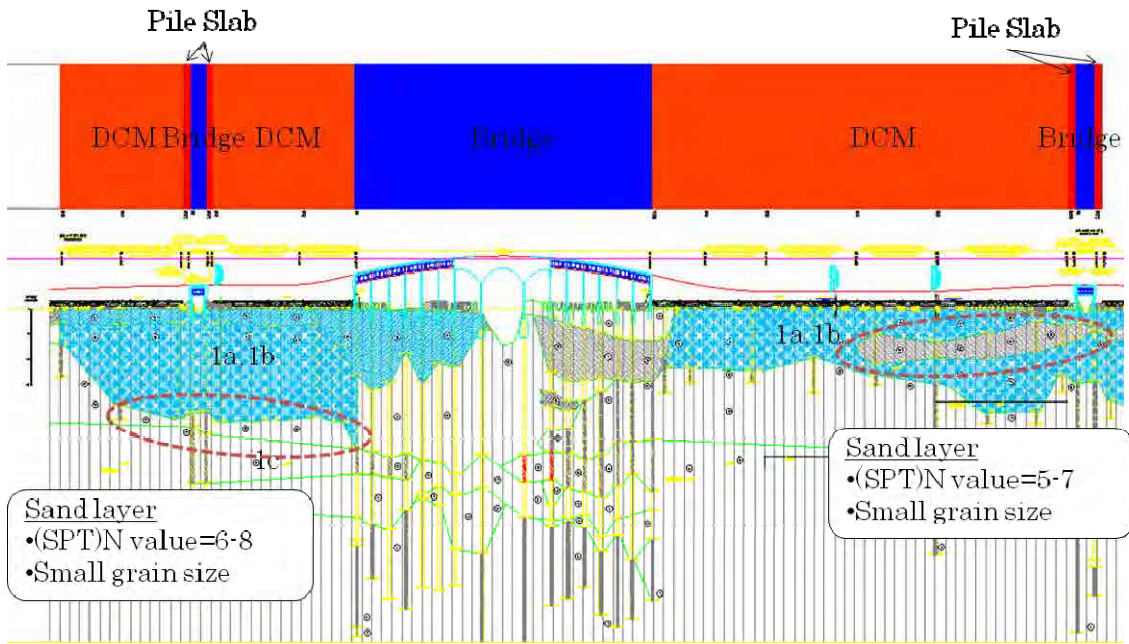
定量的な評価は困難であるが、供用開始の遅れが許容されない現計画において、施工時のリスクを低減させる対策として、施工工程上クリティカルとなる区間特に上記 PK-4 Section 11 については VCM を適用することを推奨する。

### 3) PK-12 の代替案の検討

PK-12 については区間あたりの軟弱地盤対策工が極めて高いコストとなっていることは先に述べた通りである。ここでは他工法の適用の可能性を検討するため、設計についてレビューを行った。

PK-12 では図 6.49 に示すように橋梁接続部のパイルスラブ以外は全区間にわたって、深層混合処理工法 (DCM) が適用されている。PK-12 の地盤は同図に示すように 10~20m の深度で粘性土層 (1a、1b) が分布し、砂質土層 (S2) を挟んで深にさらに粘性土層 (1c) が分布している起点側の区間と、上層部に中間砂層 (S1) を挟む終点側の区間に区分される。現在の詳細設計では、これらの砂層の存在により PVD の施工が困難であるという理由から PK-12 において対策工法として DCM が適用されており、施工時のリスクを極力低減するという点で合理性がある。

ここで、砂質土層 (S1,S2) 層の性状についてレビューする。両土層の室内土質試験結果は表 6.29 に示す通りであり、層を構成する粒子に礫分は含まれていない。層構成ならびに標準貫入試験結果は図 6.50、図 6.51 に示す通り以深に 1c 層が分布する S2 層は起点側 2 地点のボーリング調査で確認されており、層厚は 3~4.5m、N 値は 6-8 を示している。S1 層は 3~5m、N 値は 5~7 を示している。



出典: 調査団

図6.49. PK-12 に適用されている軟弱地盤対策工と土層構成

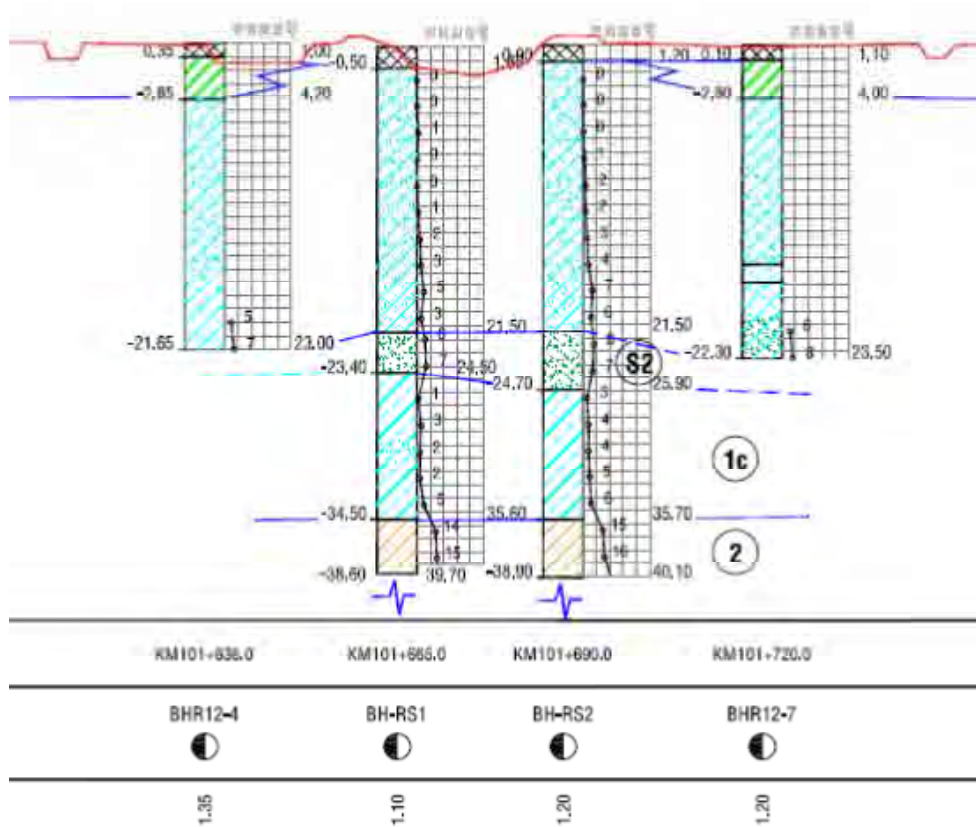
表6.29. 中間砂層 (S2,S1) の土質試験結果

| Properties  | Units     | Average value       |
|---|-----------|---------------------|
| Percentage of sand  | %         | 70.5                |
| Percentage of silt and clay                                 | %         | 29.5                |
| Moisture contents W   | %         | 29.3                |
| Wet unit weight $\rho$                                      | $g/cm^3$  | 1.83                |
| Specific gravity $\rho_s$                                   |           | 2.69                |
| Void ratio $e_0$  |           | 0.903               |
| Liquid limit LL   | %         | 28.9                |
| Plastic limit PL  | %         | 21.6                |
| Plasticity index PI   | %         | 7.3                 |
| Internal friction angle $\varphi^\circ$ (Direct shear test) | Degree    | 27 <sup>0</sup> 44' |
| Cohesion C (Direct shear test)                              | $kG/cm^2$ | 0.101               |

| Properties                  | Units | Average value |
|-----------------------------|-------|---------------|
| Percentage of sand          | %     | 77.7          |
| Percentage of silt and clay | %     | 22.3          |
| Moisture contents W         | %     | 27.2          |
| Specific gravity $\rho_s$   |       | 2.68          |
| Unsoaked angle of repose    |       | 36            |
| Soaked angle of repose      | %     | 23            |
| Max void ratio $e_{max}$    | %     | 1.323         |
| Min void ratio $e_{min}$    | %     | 0.704         |

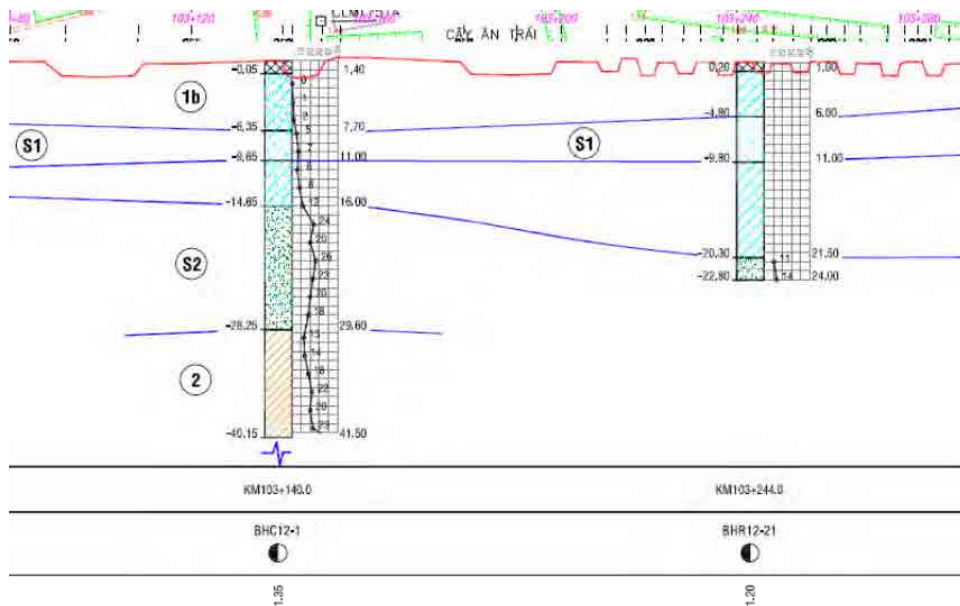
出典: 地盤調査報告書





出典: 地盤調査報告書

図6.50. S2層の標準貫入試験結果



出典: 地盤調査報告書

図6.51. S1層の標準貫入試験結果

PVDの打設機械の能力については下記の通り、日本の関連機関によって発行されて

いるマニュアルに参考となる記載がある。本資料によると PVD の打設機械は打設長に応じて3機種（標準機・中型機・大型機）あり、機種ごとに適用範囲として対象層の N 値の範囲が記されている。今回検討の対象となっている PK-12 は、地盤改良深度が 15～35m に設定されていることから、中型機ならびに大型機が適用される可能性が高い。中型機ならびに大型機では打設可能な対象 N 値は通常のフリクションローラによる圧入で 10～13 程度とされている。

表4-4-1 打設機械

| 区分      | 規格                  |             |              | 摘要 |
|---------|---------------------|-------------|--------------|----|
|         | 打込長                 |             |              |    |
|         | 20m以下               | 30m以下       | 40m以下        |    |
| ドレーン打設機 | 機関出力<br>81kW(110ps) | 96kW(130ps) | 147kW(200ps) |    |
| 分類      | 標準機                 | 中型機         | 大型機          |    |

表4-4-2 機種別適用範囲

| 分類  | 機種                   | 対象層 N 値 |    |    |    | 備考 |
|-----|----------------------|---------|----|----|----|----|
|     |                      | 5       | 10 | 15 | 20 |    |
| 標準機 | 機関出力<br>81kW(110PS)  | ■       | ■  | □  |    |    |
| 中型機 | 機関出力<br>96kW(130PS)  | ■       | ■  | □  |    |    |
| 大型機 | 機関出力<br>147kW(200PS) | ■       | ■  | □  |    |    |

凡例： ■ フリクションローラによる圧入  
□ 特殊圧入装置使用による圧入

出典：「NCB ドレーン工法設計施工マニュアル」(H13.4,NCB ドレーン協会)

なお、ベトナムで実績のある機械と上記の表に示されたものとの相違を把握にするため、現在 PVD を実施している施工現場（Long Thanh - Dau Giay 高速道路建設プロジェクト、国道3号線建設プロジェクト）のエンジニアにヒアリングを行った。結果は以下の通りである。

- 南部高速現場では試験施工において中型機で粘性土 N 値 10～12 の層まで貫入可能であった。
- カントー橋建設プロジェクトでは大型機で粘性土ならびに砂質土 N 値 12～15 程度で施工していた実績がある。
- 高速3号線では標準機で土層の N 値 9 以下であれば施工には問題がなく、それ以上の N 値の場合にはサンドドレーンを適用している。

本結果から、ベトナムで調達できる機材と日本で実績のある機材の貫入能力は同程度であると判断できる。本結果ならびに PK-12 の中間砂質土層 (S1,S2) の性状を鑑みると、現行の PVD 機材を用いた施工が可能であると判断されることから、特に中間砂層の層厚が厚くなく、高い N 値が確認されていない区間について以下図 6.52 に示す通り対策工を DCM から PVD に変更することを提案する。

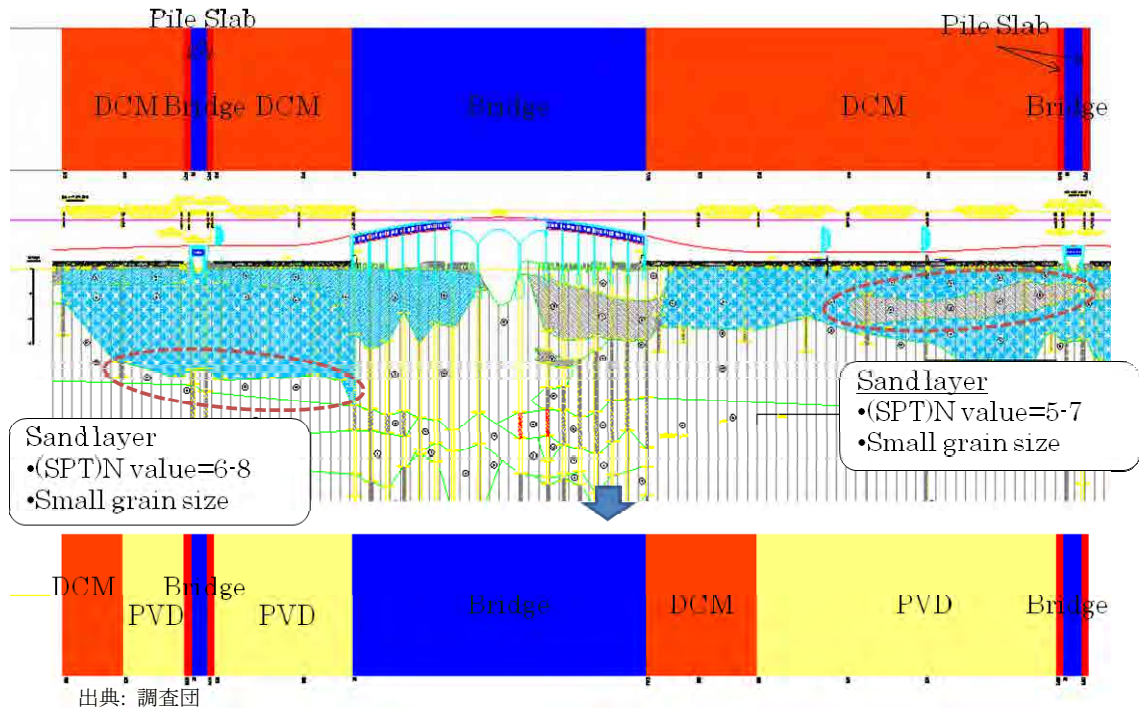


図6.52. PK-12 の対策工法の変更提案

本検討結果を踏まえ、変更した地点の PVD (本検討では近接部での検討結果を参考として PVD 間隔を 1.2m と設定している) の数量を算出し、概算コストを算出した。算出した結果は表 6.30 に示す通りである。本結果から、これらの区間の対策工を変更した場合には当初設計金額の 50.5%となった。

現在の設計は施工時のリスクを減ずる目的で合理的な設計となっているが、既設文献・実績等を考慮すると過度に安全側の設計となっていると判断される。コストインパクトを鑑みて本区間の対策工の変更を強く推奨する。なお、現在の地質調査結果は中間砂質土層の性状に関するデータ、ならびに粘性土 (1C) 層の性状と分布深度に関するデータが十分ではない。詳細設計検討にはそれらのデータを補間する追加ボーリングならびに室内土質試験が必要である。

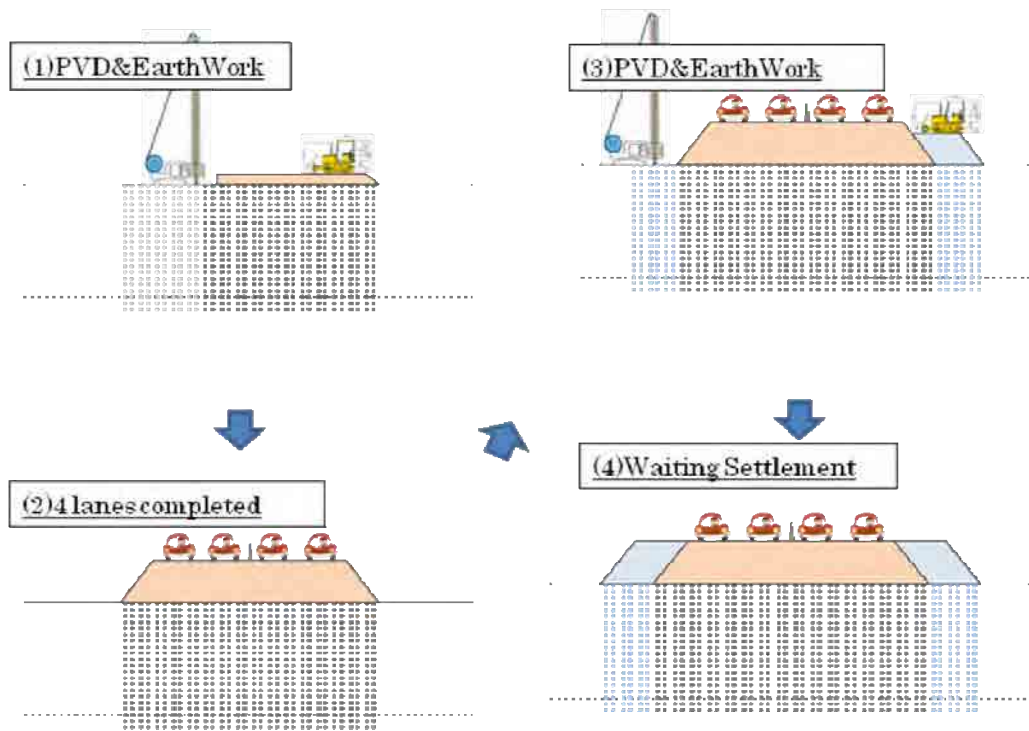
表6.30. 代替案を適用した場合の概算コスト(PK-12)

| ITEM                                   | UNIT           | QUANTITY    |                  |            | UNIT PRICE (VND) | PRICE (VND)     |                  |                  |
|--|----------------|-------------|------------------|------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
|  |                | Original DD | Recommend design | difference |                  | Original DD     | Recommend design | difference       |
| <b>SOFT SOIL TREATMENT</b>             |                |             |                  |            |                  |                 |                  |                  |
| - Surcharge by fine sand K90           | m <sup>3</sup> | 1,275       | 42,018           | 40,743     | 110,000          | 140,250,000     | 4,621,938,194    | 4,481,688,194    |
| - Removing surcharge                   | m <sup>3</sup> | 0           | 42,018           | 42,018     | 32,000           | 0               | 1,344,563,838    | 1,344,563,838    |
| - PVD                                  | m              | 0           | 811,843          | 811,843    | 10,000           | 0               | 8,118,434,000    | 8,118,434,000    |
| - DCM                                  | m              | 373,522     | 170,570          | -202,952   | 900,000          | 336,169,800,000 | 153,513,000,000  | -182,656,800,000 |
| - Polyester Covering sheet             | m <sup>2</sup> | 0           | 39,922           | 39,922     | 7,000            | 0               | 279,453,580      | 279,453,580      |
| - Covering settlement by fine sand K95 | m <sup>3</sup> | 0           | 21,901           | 21,901     | 116,000          | 0               | 2,540,552,681    | 2,540,552,681    |
| <b>MONITORING TASK</b>                 |                |             |                  |            |                  |                 |                  |                  |
| - Settlement plate                     | piece          | 82          | 82               | 0          | 1,500,000        | 123,000,000     | 123,000,000      | -                |
| - Inclinometer                         | piece          | 16          | 16               | 0          | 26,000,000       | 416,000,000     | 416,000,000      | -                |
| - Observation well                     | piece          | 16          | 16               | 0          | 2,000,000        | 32,000,000      | 32,000,000       | -                |
| - Lateral displacement observing stake | piece          | 90          | 90               | 0          | 120,000          | 10,800,000      | 10,800,000       | -                |
| - Electrical piezometer                | piece          | 8           | 8                | 0          | 58,000,000       | 464,000,000     | 464,000,000      | -                |
| TOTAL                                  |                |             |                  |            |                  | 337,355,850,000 | 170,417,942,294  | -166,937,907,706 |
| Percentage                             |                |             |                  |            |                  |                 | 50.5%            |                  |

出典：JICA 調査団

4) 建設初期の6車線・軟弱地盤対策と盛土工の施工について

現在の計画では橋梁工は先行して6車線建設する計画となっているが、盛土部については供用する4車線のみを施工する計画となっている。実施される施工手順を概略図に示すと図6.53のようになる。

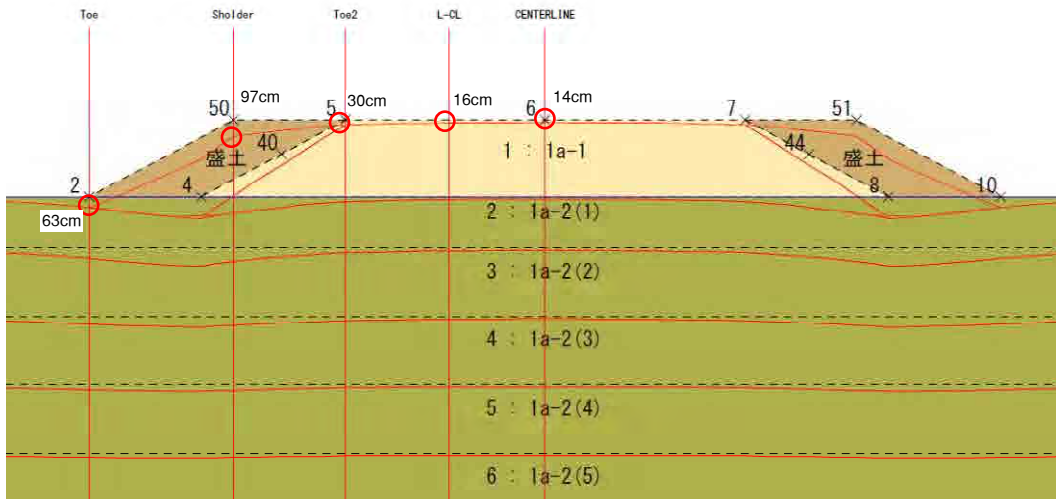


出典：調査団

図6.53. 現設計の施工手順

この施工手順では4車線供用中に図中(3)、(4)に示すように地盤対策工の施工・土工・沈下発生の待機期間が発生する。この場合、沈下が拡幅部のみならず、既設部にも発生することが想定される。その量は例えば沈下量が多くなるPK4 Section10部の概略計算結果（腹付け部の余盛り量は考慮していない）では図6.54に示すように、路

肩部で 30cm、左車線の中央部で 16cm 以上となることが想定され盛土の中央部でも 10cm 以上沈下が発生する可能性がある結果となっている。そのため、大規模な範囲で沈下の発生に伴う補修工事が必要となると想定されることから、6車線幅が確実な場合には先行して地盤対策工ならびに路体盛土を実施しておくことが推奨される。



出典:調査団

図6.54. 後施工で腹付け部の盛土を実施した場合の解析結果

6車線幅を初期に実施する場合のコストは、概略的に準備工・軟弱地盤対策工・盛土工の工費の30%が幅分として追加となると考えて算定した結果、PK-1~PK12,PK-12Bの合計で766(bil.VND)となると想定される。

コスト算出結果から先行施工のためには極めて多くのコストを必要とすることから、早期に6車線施工が想定されておらず幅実施が確実とは言えない現段階では本案は推奨されない。

#### (4) まとめと推奨案

##### 1) まとめ

本検討結果をまとめると以下の通りとなる。

##### a) 詳細設計のレビュー

ベトナム国における通常の基準に基づき、許容残留沈下量を10cmとして検討が行われ、一般的にベトナム国で実施されているPVD、DCM、PileSlabといった対策を比較検討したうえで区間ごとに効果・経済性を考慮して適切な工法を選定している。全体を通して妥当な方針で検討が実施されており、問題はないと判断する。

対策コストを詳細に確認すると、PK-10~12で他の区間と比較して軟弱地盤対策工費が極めて高くなっており、その中でも特に工費の高いPK-12については工費が高くなっている原因について明確にし、再検討が必要と判断した。



## b) 他の基準を用いた検証計算

日本の高速道路基準・設計要領 (NEXCO) に従って、軟弱地盤層厚が厚く、同土層の強度が弱い PK-4Section10 の区間をモデル断面として検証計算を実施した。その結果、概ね本設計検討の結果と同等の結果となっており、設計計算について、問題がないことを確認した。

## c) 代替案の検討

現在の設計からの代替案について、a)建設期間の延長、b)真空圧密工法VCMの適用、c)PK-12の工法変更、d)初期6車線の整備の4案について検討を行った。結果は以下の表にとりまとめた。

表6.31. 代替案検討結果

| 代替案                      | 長所                   | 短所                    | 工事費(変更) (billion) |        | 評価 |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|--------|----|
|                          |                      |                       | 削減(-)/            | 増加(+)  |    |
| 建設工期延長<br>(PVDの数量減)      | ・コスト縮減               | ・建設工期の延長、それに伴う供用開始の遅れ | -93               | -0.50% | -  |
| 真空圧密工法の適用<br>(VCM)       | ・工期短縮(18カ月→10カ月)     | ・工費増大                 | 2                 | 0.00%  | 推奨 |
| PK-12の対策工変更<br>(DCM→PVD) | ・コスト縮減               | ・工期延長<br>・建設時のリスク拡大   | -168              | -1.20% | 推奨 |
| 初期6車線分の地盤対策<br>ならびに土工施工  | ・将来拡幅時のコストならびにリスクの縮減 | ・初期建設コストならびに工期延長      | 766               | 5.30%  | -  |

出典：JICA 調査団

## 2) 推奨案

本検討結果から、工期短縮に伴う供用開始遅れのリスク削減のため真空圧密工法の適用を、また対策工事費削減のために PK-12 のいくつかの区間において深層混合処理工を PVD に変更することを強く推奨する。

## 3) 課題 (PK-12 の検討に伴う調査の追加について)

PK-12 の対策工法変更の詳細検討にあたり、現状で次に示すような課題が挙げられる。このため、対策工の施工深度の設定ならびに対策工法の詳細な検討・施工機械の最適な選定が困難な状況である。経済的な対策工法を選定するために推奨される詳細な検討の実施にあたってはこれらの情報を得るために追加調査を行う必要がある。

a) 中間砂層の層厚ならびに密度を推定するために十分なデータが無い

b) 下部粘性土層 (1c 層) の分布状況・層厚ならびに圧密特性を推定する十分なデータが無い

## 6.2.6 その他施設の設計

その他施設の設計に対するレビューは地質調査および水文調査の結果によって確認された。

## (1) 盛土のり面勾配と盛土のり面保護

盛土のり面勾配は TCVN5729 に従い、全区間 1:2.0 (盛土高 6m 以下)となっている。また、全区間洪水の影響を受けるためコンクリートブロック(Concrete Block)でのり面全体を保護している。

## (1) 排水設計

路面排水施設は路肩に設置するコンクリート縁石で水を集め、20m毎に縦溝でのり尻の側溝に流す計画である。片勾配区間は中央帯内の側帯にグレーチング蓋付きの U タイプ側溝が設置され、パイプで路肩側に流している。道路を横断するボックスカルバートとパイプカルバートは地形、道路縦断線形、水位状況を考慮して設計されている。

また、ボックスカルバートとパイプカルバートの長さは 4 車線の盛土幅で決定設計されている。ただし、副道が設置されているところは副道を含む長さで計画されている。ボックスカルバートとパイプカルバートの断面は 1%確率降雨強度 TCVN5045 により求められた通水量と高水位により決定されている。

高速道路および Farm Road に計画されたボックスカルバートとパイプカルバートは表 6.32 にまとめられている。

表6.32. ボックスカルバートとパイプカルバート

|    | Box-culvert |        |           |               | Pipe-Culvert |       |           |               |
|----|-------------|--------|-----------|---------------|--------------|-------|-----------|---------------|
|    | Location    | Size   | Length(m) | Crossing Road | Location     | Size  | Length(m) | Crossing Road |
| 1  | 51+363      | 4x4    | 12        | Farm Road     | 53+285       | D1500 | 48        | Expressway    |
| 2  | 51+708      | 3x4    | 56        | Expressway    | 53+539       | D1500 | 57        | Expressway    |
| 3  | 52+174      | 3x4    | 51        | Expressway    | 54+164       | D1500 | 60        | Expressway    |
| 4  | 52+636      | 6x4.5  | 48        | Expressway    | 54+510       | D1500 | 63        | Expressway    |
| 5  | 52+879      | 4x4    | 43        | Expressway    | 56+829       | D2000 | 66        | Expressway    |
| 6  | 55+285      | 6x4.5  | 6         | Farm Road     | 58+064       | D2000 | 9         | Farm Road     |
| 7  | 55+800      | 3x4    | 50        | Expressway    | 58+904       | D1500 | 51        | Expressway    |
| 8  | 56+073      | 4x4    | 53        | Expressway    | 59+663       | D1500 | 51        | Expressway    |
| 9  | 56+463      | 4x4    | 66.5      | Expressway    | 64+278       | D1500 | 48        | Expressway    |
| 10 | 57+154      | 4x4    | 58        | Expressway    | 64+988       | D1500 | 48        | Expressway    |
| 11 | 57+383      | 4x4    | 60.5      | Expressway    | 66+883       | D1500 | 48        | Expressway    |
| 12 | 57+955      | 2(4x4) | 6         | Farm Road     | 68+100       | D1500 | 49.5      | Expressway    |
| 13 | 58+536      | 6x4.5  | 60        | Expressway    | 69+786       | D1500 | 63        | Expressway    |
| 14 | 59+203      | 4x4    | 47        | Expressway    | 72+710       | D1500 | 52        | Expressway    |
| 15 | 59+831      | 3x4    | 54        | Expressway    | 72+917       | D2000 | 54        | Expressway    |
| 16 | 60+301      | 4x4    | 54.1      | Expressway    | 73+592       | D1500 | 54        | Expressway    |
| 17 | 60+830      | 6x4.5  | 66        | Expressway    | 74+600       | D1500 | 51        | Expressway    |
| 18 | 61+466      | 3x4    | 48        | Expressway    | 74+952       | D2000 | 48        | Expressway    |
| 19 | 61+728      | 3x4    | 47        | Expressway    | 75+994       | D1500 | 60        | Expressway    |
| 20 | 62+008      | 3x4    | 46        | Expressway    | 76+335       | D1500 | 54        | Expressway    |
| 21 | 62+183      | 3x4    | 46        | Expressway    | 77+710       | D1500 | 51        | Expressway    |
| 22 | 63+233      | 3x4    | 50        | Expressway    | 78+360       | D1500 | 48        | Expressway    |
| 23 | 63+795      | 4x4    | 44        | Expressway    | 79+310       | D1500 | 57        | Expressway    |
| 24 | 65+333      | 4x4    | 61        | Expressway    | 80+625       | D1500 | 57        | Expressway    |
| 25 | 66+241      | 6x4.5  | 73.5      | Expressway    | 82+780       | D2000 | 12        | Farm Road     |
| 26 | 67+812      | 6x4.5  | 48        | Expressway    | 85+972       | D1500 | 63        | Expressway    |
| 27 | 68+535.4    | 6x4.5  | 32.5      | Expressway    | 90+033       | D1500 | 48        | Expressway    |

|    |         |       |      |            |         |       |      |            |
|----|---------|-------|------|------------|---------|-------|------|------------|
| 28 | 68+962  | 3x4   | 48   | Expressway | 90+700  | D1500 | 48   | Expressway |
| 29 | 70+071  | 6x4.5 | 69.5 | Expressway | 91+758  | D1500 | 51   | Expressway |
| 30 | 70+184  | 3x4   | 64   | Expressway | 93+873  | D1500 | 72   | Expressway |
| 31 | 70+768  | 6x4.5 | 57.5 | Expressway | 94+408  | D1500 | 72   | Expressway |
| 32 | 71+270  | 4x4   | 43   | Expressway | 100+340 | D1500 | 65.5 | Expressway |
| 33 | 71+685  | 4x4   | 7    | Farm road  | 101+000 | D1500 | 72.5 | Expressway |
| 34 | 72+342  | 4x4   | 52   | Expressway | 101+300 | D1500 | 49.5 | Expressway |
| 35 | 73+230  | 4x4   | 47   | Expressway |         |       |      |            |
| 36 | 77+395  | 4x4   | 43   | Expressway |         |       |      |            |
| 37 | 78+054  | 6x4.5 | 45   | Expressway |         |       |      |            |
| 38 | 79+620  | 6x4.5 | 68.5 | Expressway |         |       |      |            |
| 39 | 81+485  | 4x4   | 59   | Expressway |         |       |      |            |
| 40 | 82+271  | 3x4   | 7    | Farm Road  |         |       |      |            |
| 41 | 84+151  | 6x4.5 | 63   | Expressway |         |       |      |            |
| 42 | 85+448  | 6x4.5 | 56   | Expressway |         |       |      |            |
| 43 | 86+604  | 6x4.5 | 72   | Expressway |         |       |      |            |
| 44 | 86+866  | 6x4.5 | 78   | Expressway |         |       |      |            |
| 45 | 88+214  | 3x4   | 61   | Expressway |         |       |      |            |
| 46 | 88+980  | 3x4   | 8    | Farm road  |         |       |      |            |
| 47 | 89+058  | 3x4   | 48   | Expressway |         |       |      |            |
| 48 | 89+230  | 3x4   | 47   | Expressway |         |       |      |            |
| 49 | 91+090  | 6x4.5 | 8    | Farm Road  |         |       |      |            |
| 50 | 91+511  | 6x4.5 | 76   | Expressway |         |       |      |            |
| 51 | 92+054  | 6x4.5 | 67   | Expressway |         |       |      |            |
| 52 | 93+092  | 3x4   | 66   | Expressway |         |       |      |            |
| 53 | 93+637  | 4x4   | 66   | Expressway |         |       |      |            |
| 54 | 98+836  | 6x4.5 | 42   | Expressway |         |       |      |            |
| 55 | 99+395  | 3x4   | 64   | Expressway |         |       |      |            |
| 56 | 102+942 | 3x4   | 48   | Expressway |         |       |      |            |
| 57 | 103+144 | 4x4   | 43   | Expressway |         |       |      |            |

出典：JICA 調査団

## (2) 舗装設計

## a) 総論

BEDC F/S において、アスファルト舗装は交通需要予測データ、水文地質状況、地域発生材を基に 22TCN211-06 を適用して設計されている。設計期間は 15 年とし、基準年の 2014 年から完成年の 2028 年(拡幅やオーバーレイ)としている。

## b) 設計交通量

BEDC F/S では、チュンルオン・ミートゥワン区間の舗装設計は、HCM-チュンルオン区間の舗装設計を踏襲しており、D/D においてもチュンルオン・ミートゥワン区間の交通量での設計見直しは行われていない。

## c) 弾性係数

BEDC F/S における高速道路区間に対応する弾性係数( $E_{yc}$ )は  $E_{yc}(Mps) \geq 2000daN/cm^2$  である。

## d) 舗装構造設計

22TCN211-06 の弾性係数に基づいて計算された高速道路の舗装構造は表 6.33 に示す

とおりである。また、ランプウェイ(アスファルトコンクリート)の舗装構造を同表に合わせ示す。

表6.33. 本線とランプの舗装構造

|                                 | Expressway | Rampway |
|---------------------------------|------------|---------|
| Roughness Layer(Wearing Course) | 3cm        |         |
| Asphalt Concrete Surface Course | 5cm        | 5cm     |
| Asphalt Concrete Binder Course  | 7cm        | 7cm     |
| Asphalt Treated Base            | 10cm       |         |
| Graded Aggregate(ClassI)        | 55cm       | 20cm    |
| Graded Aggregate(ClassII)       |            | 25cm    |
| Total                           | 80cm       | 57cm    |

出典：JICA 調査団

本調査における表 6.34 に示す交通需要予測結果に基づきは舗装構造を見直した結果、BEDC F/S と D/D と同等の舗装構成となり、舗装厚さの変更は必要ない。

表6.34. 本調査での予測交通量(2017,2030年)

| Vehicle/day              | Expressway (TRUNG LUONG-MY THUAN) |       |
|--------------------------|-----------------------------------|-------|
|                          | 2017年                             | 2030年 |
| Car                      | 6780                              | 15750 |
| Small Bus                | 950                               | 1430  |
| Medium Bus               | 240                               | 470   |
| Large Bus                | 3560                              | 6670  |
| Bus                      | 1690                              | 3260  |
| Pickup                   | 1660                              | 3140  |
| 2 axle truck             | 3930                              | 7610  |
| 3 axle truck             | 1010                              | 1710  |
| Container                | 280                               | 510   |
| Total                    | 20100                             | 40550 |
| Only large size vehicles | 10710                             | 20230 |

出典:JICA 調査団

### (3) 農道

農道は高速道路により既存の地域道路に限られる場合に橋梁下やフライオーバーを利用接続するために高速道路の外側に設置されている。農道の幅員は5.5m(1車線)で、TCVN4054の地方道路(クラスVI)基準が適用されている。なお、農道は河川や大きな水路の手前まで設置され、それらを横断していないため、連続的な利用はできない構造となっている。農道の路面高は4%確率の高水位(1.86m~2.16m)を基に計画されている。

### (4) 交通安全施設

交通標識として、行き先、出口等の案内標識と警戒標識は高速道路とランプウェイに計画されているが、速度規制標識は計画されていない。区画線や矢印等の路面標示は高速道路やランプウェイの路面と料金所区間に設置される計画である。ガードレール

は高速道路とランプウェイの路肩に設置される計画である。コンクリートバリアーは本線と2方向ランプの中分に設置される計画である。

(5) フェンス

フェンス (格子ネットタイプ) は盛土ののり尻に設置される計画である。

(6) 照明

照明設備は本線全区間(土工、橋梁)、インターチェンジ、料金所、休憩施設、維持管理センター等に設置される計画である。本線の中分(インターチェンジ区間を除く)には 12m Pole (Double Arm)が 40m 間隔で、料金所の路肩には 12m Pole (Single Arm)が 30m 間隔で設置される計画である。インターチェンジの本線とランプの間には、25m High Mast が設置される計画である。



## 6.2.7 施工計画

## (1) BEDC F/S 及び D/D における施工計画のレビュー

F/S 報告書における施工計画は Chapter 14 に示されている。そこでは主に施工手順のほか材料調達方法・調達先、施工工程表などが示されているが、建設方法そのものについてはほとんど述べられてない。

D/D 報告書における施工計画は、各パッケージの報告書のうち Design Document Volume III-1 (Cost Estimation) に手短かに示されているのみで、これらとは別に”Material investigation report” と称する材料の調達方法についての調査結果が TEDI South から BEDC に提出されている。これらは材料の運搬距離など、積算条件として立案された施工計画であると考えられる。

## (2) 施工項目

チュンロン～ミートゥワン高速道路建設計画で想定されている施工項目は掘削や盛土、軟弱地盤対策 (PVD、DCM)、排水構造物、舗装、橋梁 (PC 単純桁、PC 連続箱桁) などの一般的な施工項目であり、特殊な施工を必要とする項目はない。D/D 報告書の図面によると、高速道路全線 54.313km のうち 66.0%が道路 (盛土) であり、25.3%が橋梁、10.5%がインターチェンジとなっている。表 6.35 に延長構成を示す。

表6.35. チュンロン～ミートゥワン高速道路の延長構成

| Package | 各延長 (m)   |          |           |           | 比率(%) |      |       |
|---------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|------|-------|
|         | 合計        | I/C      | 道路        | 橋梁        | I/C   | 道路   | 橋梁    |
| 0       | 1,440.00  | 1,440.00 |           |           | 100.0 |      |       |
| 1       | 2,050.00  |          | 1,611.00  | 439.00    |       | 78.6 | 21.4  |
| 2       | 5,390.00  |          | 4,232.03  | 1,157.97  |       | 78.5 | 21.5  |
| 3       | 5,280.00  |          | 4,853.16  | 426.84    |       | 91.9 | 8.1   |
| 4       | 4,100.00  |          | 3,121.14  | 978.86    |       | 76.1 | 23.9  |
| 5A      | 1,280.00  | 1,280.00 |           |           | 100.0 |      |       |
| 5       | 3,100.00  |          | 1,995.46  | 1,104.54  |       | 64.4 | 35.6  |
| 6       | 4,780.00  |          | 4,032.03  | 747.97    |       | 84.4 | 15.6  |
| 7       | 3,580.00  |          | 2,897.06  | 682.94    |       | 80.9 | 19.1  |
| 8       | 2,240.00  |          | 842.82    | 1,397.18  |       | 37.6 | 62.4  |
| 8A      | 1,240.00  | 1,240.00 |           |           | 100.0 |      |       |
| 9       | 3,660.00  |          | 2,480.20  | 1,179.80  |       | 67.8 | 32.2  |
| 10      | 7,640.00  |          | 6,402.11  | 1,237.89  |       | 83.8 | 16.2  |
| 11A     | 2,600.00  |          |           | 2,600.00  |       | 0.0  | 100.0 |
| 11      | 2,120.00  |          | 1,981.24  | 138.76    |       | 93.5 | 6.5   |
| 12A     | 1,280.00  | 1,280.00 |           |           | 100.0 |      |       |
| 12      | 2,072.00  |          | 1,425.16  | 646.84    |       | 68.8 | 31.2  |
| 12B     | 461.00    | 461.00   |           |           | 100.0 |      |       |
| Total   | 54,313.00 | 5,701.00 | 35,873.41 | 12,738.59 | 10.5  | 66.0 | 23.5  |

出典：JICA 調査団

本プロジェクトにおける主要工事数量について表 6.36 に示す。このうち、盛土量が非

常に多くなっていることが分かる。約 1100 万 m<sup>3</sup> という数字は、日本では小規模な陸上空港かより長い区間の高速道路事業に匹敵する。また、F/S から D/D において盛土量が減っているが、1) F/S 時には中央分離帯幅を跨道橋橋脚設置の為 2m としていたこと (D/D では全線 1m)、2) D/D において橋台位置を下げて橋梁を延長し、盛土量を減らした影響などが考えられる。

表 6.36. チュンロン～ミートゥワン高速道路の主要工事数量

| No. | 項目             | 単位                | F/S    | D/D           |
|-----|----------------|-------------------|--------|---------------|
| 1   | 盛土用砂 (上げ越しを含む) | 百万 m <sup>3</sup> | 17.46  | <b>11,103</b> |
| 2   | サンドドレーン工法      | 百万 m              | 13.244 | 0             |
| 3   | プラスチックドレーン工法   | 百万 m              | 9.455  | 18.098        |
|     | 深層混合改良工法       | 百万 m              | 0      | 1.048         |
| 4   | 橋梁             |                   |        |               |
|     | 本線橋            | 橋                 | 55     | 42            |
|     | 跨道橋            | 橋                 | 26     | 9             |

出典：JICA 調査団

### (3) 材料調達

自然材料の調達方法は F/S 報告書及び D/D 報告書、“Material investigation report” で言及されている。これらの報告書ではすべて、自然材料は建設事業全体への供給量は十分であるとされている。

本調査においては、大量な土量を必要とする土工事がほぼ同時期に開始されることを考慮して、日使用量について概略検討を行った。

結果を表 6.37 に示す。パッケージ毎の日輸送量及び施工量、運搬台船数は膨大であるが、十分な量の施工機器や台船を確保できれば施工可能であると判断した。

問題は調達すべき土量であり、F/S レポートに示されている 7 カ所の土取場の日可能採取量 (300~800m<sup>3</sup>/日/箇所) をすべて加えたとしても、多くの工区の日使用土量と同等になることから、数工区が同時に施工した場合など盛土材の供給が追い付かない事態が想定される。

表6.37. 必要盛土量(砂)

| パッケージ     | 盛土量(砂)                |                                  |               |
|-----------|-----------------------|----------------------------------|---------------|
|           | 調達量 (m <sup>3</sup> ) | 日運搬・施工量<br>(m <sup>3</sup> /day) | 必要台船数 (隻/day) |
| 1         | 390,090               | 1,084                            | 11            |
| 2         | 1,136,367             | 3,157                            | 32            |
| 3         | 1,101,765             | 3,060                            | 31            |
| 4         | 841,260               | 2,337                            | 24            |
| 5A        | 559,269               | 1,554                            | 16            |
| 5         | 530,777               | 1,474                            | 15            |
| 6         | 934,630               | 2,596                            | 26            |
| 7         | 964,005               | 2,678                            | 27            |
| 8         | 344,234               | 956                              | 10            |
| 8A        | 727,873               | 2,022                            | 21            |
| 9         | 805,337               | 2,237                            | 23            |
| <b>10</b> | <b>1,960,340</b>      | <b>5,445</b>                     | <b>55</b>     |
| 11A       | 0                     | 0                                | 0             |
| 11        | 377,346               | 1,048                            | 11            |
| 12A       | 220,450               | 612                              | 7             |
| 12        | 150,452               | 418                              | 5             |
| 12B       | 58,767                | 163                              | 2             |
| Average   | 616,831               | 1,713                            | 18            |
| Total     | 11,102,960            | 30,842                           | 309           |

日運搬・施工量は、パッケージ毎の必要砂量/盛土施工期間 18 か月/月実働日 20 日として算出した。

砂の運搬に用いる台船の船数は、積込可能量 1 隻 100m<sup>3</sup>として算出した。

出典：JICA 調査団

#### (4) 施工方法

「ベ」国においては、盛土工事は圧送によって実施されていることが多い。台船で運搬した砂を水とともにポンプとパイプで圧送する。この方法を採用すれば、ダンプトラックや積み下ろしのためのバックホーが不要となる。

表 6.38 に土砂混じり水の圧送に使用されるポンプの一例を示す。施工業者が適切な容量のポンプを複数台確保できれば、ポンプの能力は盛土工事に対して十分であると判断する。

表6.38. 土砂圧送ポンプの能力(例)

|                      | 容量(m <sup>3</sup> /h) | 圧送可能量                               |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| サンドバイパス工法            | 80-250                | 1-2km                               |
| シールドトンネルにおける掘削土運搬ポンプ | 30-150                | more than 2km<br>(using relay pump) |
| 浚渫船のポンプ              | 220-550               | 1-4km                               |

出典：JICA 調査団

また、航路幅を持つ河川から内陸で盛土工事を行う施工現場までの最大距離を示す。距離は最大でも 2.5km 程度であり、中間圧送ポンプの追加や機器改修が必要であるがポンプ圧送が可能な距離と判断する。

表6.39. 河川から盛土工事現場までの最大運搬距離

| Package | Station    |            | Length (m) | River/Channel/Road |                    | Distance to intermediate point (m) |             |
|---------|------------|------------|------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|-------------|
|         | from       | to         |            | Station            | Description        | Origin                             | Destination |
| 0       | 49,620.00  | 51,060.00  | 1,440.00   |                    |                    |                                    |             |
| 1       | 51,060.00  | 53,110.00  | 2,050.00   | 51293.00           | River, B=25m       | 1673.00                            | 2016.30     |
| 2       | 53,110.00  | 58,500.00  | 5,390.00   | 54043.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 54413.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 55325.60           | River, B=20m       | 2016.30                            | 1327.20     |
|         |            |            |            | 56693.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 57980.00           | River, B=30m       | 1327.20                            | 2380.00     |
| 3       | 58,500.00  | 63,780.00  | 5,280.00   | 60071.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 60620.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 61404.50           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 62740.00           | River, B=20m       | 2380.00                            | 1480.00     |
| 4       | 63,780.00  | 67,880.00  | 4,100.00   | 64693.20           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 65700.00           | River, B=20m       | 1480.00                            | 838.00      |
|         |            |            |            | 67376.00           | River, B=10m       | 838.00                             | 1537.50     |
|         |            |            |            | 67385.06           | Underpass          |                                    |             |
| 5A      | 67,880.00  | 69,160.00  | 1,280.00   |                    |                    |                                    |             |
| 5       | 69,160.00  | 72,260.00  | 3,100.00   | 69354.30           | Channel, Underpass |                                    |             |
|         |            |            |            | 70451.00           | River, B=10m       | 1537.50                            | 735.24      |
|         |            |            |            | 71921.49           | River, B=20m       | 735.25                             | 1018.75     |
| 6       | 72,260.00  | 77,040.00  | 4,780.00   | 73959.00           | River, B=10m       | 1018.76                            | 1409.13     |
|         |            |            |            | 74273.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 75410.30           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 75708.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 76777.25           | River, B=20m       | 1409.13                            | 1101.38     |
| 7       | 77,040.00  | 80,620.00  | 3,580.00   | 78980.00           | River, B=20m       | 1101.38                            | 300.00      |
|         |            |            |            | 79580.00           | River, B=10m       | 300.00                             | 340.00      |
|         |            |            |            | 80260.00           | River, B=10m       | 340.00                             | 350.00      |
| 8       | 80,620.00  | 82,860.00  | 2,240.00   | 80960.00           | River, B=25m       | 350.00                             | 437.00      |
|         |            |            |            | 81834.00           | River, B=15m       | 437.00                             | 355.50      |
|         |            |            |            | 82545.00           | River, B=15m       | 355.50                             | 1015.00     |
| 8A      | 82,860.00  | 84,100.00  | 1,240.00   |                    |                    |                                    |             |
| 9       | 84,100.00  | 87,760.00  | 3,660      | 84575.00           | River, B=25m       | 1015.00                            | 1387.45     |
|         |            |            |            | 87349.90           | River, B=30m       | 1387.45                            | 1945.05     |
| 10      | 87,760.00  | 95,400.00  | 7,640      | 88534.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 89605.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 91240.00           | River, B=25m       | 1945.05                            | 554.15      |
|         |            |            |            | 92348.30           | River, B=25m       | 554.15                             | 1318.35     |
|         |            |            |            | 92710.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 94163.00           | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 94985.00           | River, B=25m       | 1318.35                            | 1771.00     |
| 11A     | 95,400.00  | 98,000.00  | 2,600      |                    |                    |                                    |             |
| 11      | 98,000.00  | 100,120.00 | 2,120      | 98527.00           | River, B=20m       | 1771.00                            | 1876.50     |
|         |            |            |            | 99965.00           | Channel            |                                    |             |
| 12A     | 100,120.00 | 101,400.00 | 1,280      |                    |                    |                                    |             |
| 12      | 101,400.00 | 103,472.00 | 2,072      | 101675.00          | Channel            |                                    |             |
|         |            |            |            | 102280.00          | River, B=50m       | 1876.50                            | 1653.00     |
|         |            |            |            | 103438.00          | Channel            |                                    |             |
| 12B     | 103,472.00 | 103,933.00 | 461        |                    |                    |                                    |             |

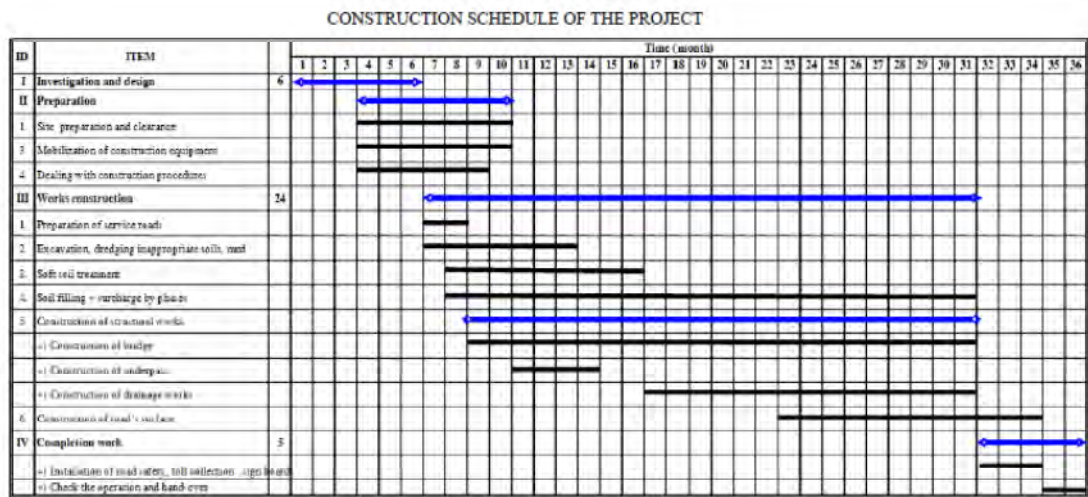
出典：JICA 調査団

その他の工事（橋梁工事、排水構造物工事等）は盛土工事とは独立して実施可能であ

る。但し橋台工事（橋台本体工及び杭工事）は、橋台工施工後に盛土を行った場合軟弱地盤の圧密沈下によるネガティブフリクションや不等沈下による杭の傾斜などが考えられるため、盛土工事より後に行う必要がある。

#### (5) 施工期間

F/S では施工期間は 36 カ月（3 年）とされている（図 6.55 参照）。



出典：BEDC F/S

図6.55. F/S における施工工程表

D/D においても 36 カ月で建設可能としている。但し具体的な全体工程表は作成されておらず、36 カ月で建設できるとしている根拠は積み上げ式による算定ではなく、一般的な高速道路建設プロジェクトにおける概略工程によるものと考えられる。

本調査における検討から、チュンロン～ミートゥワン高速道路建設は盛土量が莫大であり、一般的な高速道路建設事業と比較するべきでないことを指摘した。

「ベ」国においては自然材料（特に砂）の採取量が限られている半面、チュンロン～ミートゥワン高速道路以外にも、新国際空港や高速道路、一般道、高速鉄道、貿易港など、大規模な盛土工事を必要とするプロジェクトが計画されているため、自然材料の調達が発達工事のコントロールとなる可能性が十分にある。よって、再度調達計画を見直すとともに、他のプロジェクトとの土量調整などを政府機関などが行って事業者（特に BOT や PPP などの民間事業者）のリスク低減を行う必要があると考える。

本調査で計画した施工工程表を付録 A3 に示す。

#### (6) 提案

施工期間 36 か月は非常に短い。施工条件のうち最も影響するものは盛土（砂）の材料供給である。

軟弱地盤対策として PVD による圧密促進期間を 18 か月見込んでいるが、適切に盛土



材料調達が行われない場合 18 か月より延びる可能性がある。

施工パッケージの見直しにより盛土工事そのものを 18 か月で終えることは可能である  
と考えるが、材料調達の問題は解決しない。

#### (7) 事業実施への提言

チュンロン～ミートゥワン高速道路建設工事において、指定期間中に工事を完了させるためには材料調達（特に盛土用の砂）の保証・調整が不可欠である。土取場の確保が BOT/PPP 事業において民間事業者のリスクとならないよう、政府保証を設ける事が必要である。

### 6.2.8 積算/事業費と工区分け

#### (1) F/S 及び D/D のレビュー

チュンロン～ミートゥワン高速道路建設事業の総投資額は、BEDC F/S 報告書の Chapter15 に記述されている。

表6.40. BEDC F/S における総投資額

| No.         | 項目         | 費用 (million VND)  |
|-------------|------------|-------------------|
| I           | 建設費 (土木工事) | 11,159,833        |
| II          | 設備費        | 223,022           |
| 建設費+設備費     |            | 11,382,855        |
| III         | 用地取得・補償費   | 785,849           |
| IV          | 事業運営費      | 175,133           |
| V           | コンサルタント費   | 677,685           |
| VI          | その他費用      | 245,100           |
| VII         | 金利         | 2,881,645         |
| VIII        | 予備費        | 2,739,557         |
| <b>総投資額</b> |            | <b>18,887,824</b> |

出典：BEDC F/S 報告書

D/D においては、D/D コンサルタントが建設費の積算を行っている。F/S における「建設費+設備費」と比較して、D/D 建設費は 39%の増加となっている。

表6.41. D/Dにおける総建設費(2011年12月時点)

| No.         | Items         | Cost<br>(million VND) |
|-------------|---------------|-----------------------|
| 1           | 道路 (盛土部)      | 5,632,277             |
| 2           | 橋 (PC 単純桁)    | 4,423,350             |
| 3           | 橋梁 (PC 連続桁)   | 2,758,259             |
| 4           | 跨道橋           | 612,681               |
| 5           | インターチェンジ      | 1,883,267             |
| 6           | NH1A へのアクセス道路 | 92,333                |
| 7           | 照明            | 121,581               |
| 8           | 設備            | 258,625               |
| <b>総建設費</b> |               | <b>15,782,373</b>     |

出典：D/D コンサルタントより提供された資料より

## (2) 関連法規・規定

表 6.41 に事業費積算に関する関連法規・規定を示す。これらの法規・規定は D/D において採用されたものと同一である。

表6.42. 関連法規・規定

| Regulations  | Type of Letter | Letter No.        | Date         | Sender                   |
|--|----------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| Cost Estimate Standard   | Circular       | No.04/2010/TT-BXD | 25 June 2010 | Ministry of Construction |
| Management of construction investment project                                | Decree         | No.12/2009/ND-CP  | 10 Feb 2009  | Government               |
| Management of construction investment project                                | Decree         | No.83/2009/ND-CP  | 15 Oct 2009  | Government               |
| Quality management of construction works                                     | Decree         | No.209/2004/ND-CP | 16 Dec 2004  | Government               |
| Quality management of construction works                                     | Decree         | No.49/2008/ND-CP  | 17 Apr 2008  | Government               |
| Making and managing construction investments costs                           | Circular       | No.05/2007/TT-BXD | 25 Jul 2007  | Ministry of Construction |
| Cost of project management and consultant in construction investment project | Decision       | No.957/QD/BXD     | 29 Sep 2009  | Ministry of Construction |

出典：JICA 調査団

## (3) 事業費積算構造

事業費積算構造は、D/D の積算を参考にして定めた。表 6.43 に示す。

表6.43. 事業費積算構造

| Items |                               | Description                 |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|
| 総事業費  |                               | 1+2+3+4+5+6+7               |
| 1     | 建設費                           | (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)     |
| (1)   | 土木工事                          | a)+b)+c)+d)+e)+f)+g)+h)+i)  |
|       | a) 道路 (土工部)                   | 1)+...+8)                   |
|       | 1) 準備工                        |                             |
|       | 2) 軟弱地盤対策工                    |                             |
|       | 3) 盛土工                        |                             |
|       | 4) 舗装工                        |                             |
|       | 5) 側道                         |                             |
|       | 6) サービスエリア、パーキングエリア           |                             |
|       | 7) 交通安全                       |                             |
|       | 8) 排水工                        |                             |
|       | b) 橋梁 (単純桁)                   | 9)+...+12)                  |
|       | 9) 上部工                        |                             |
|       | 10) 下部工                       |                             |
|       | 11) 付属物                       |                             |
|       | 12) その他                       |                             |
|       | c) 橋梁 (連続桁)                   | 13)+...+17)                 |
|       | 13) 上部工                       |                             |
|       | 14) 下部工                       |                             |
|       | 15) 付属物                       |                             |
|       | 16) その他                       |                             |
|       | d) 連続高架橋                      | Package 11A                 |
|       | e) 跨道橋                        |                             |
|       | f) インターチェンジ                   | 17)+...+21)                 |
|       | 17) Than Cuu Nghia IC         |                             |
|       | 18) Cai Lay IC                |                             |
|       | 19) Cai Be IC                 |                             |
|       | 20) An Thai Trung IC          |                             |
|       | 21) Bac My Thuan Intersection |                             |
|       | g) NH1A へのアクセス道路              | 22)+23)                     |
|       | 22) Cai Lay                   |                             |
|       | 23) Cai Be                    |                             |
|       | h) 照明装置                       |                             |
|       | i) 設備工                        |                             |
| (2)   | 工事保険                          | (1)*1.0%                    |
| (3)   | HIV 予防対策費                     | {(1)+(2)}*0.1%              |
| (4)   | 環境モニタリング費用                    |                             |
| (5)   | 初期 O&M 費用                     | include ITS system cost     |
| (6)   | 予備費                           | 24)+25)                     |
|       | 24) 価格変動                      | {(1)+(2)+(3)+(4)+(5)}*rate% |

|   |             |               |      |                                    |
|---|-------------|---------------|------|------------------------------------|
|   |             | 25)           | 予備費  | $\{(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+26\} * 5\%$ |
| 2 | コンサルタント費用   |               |      | (7)+(8)+(9)                        |
|   | (7)         | D/D レビュー、入札補助 |      | $\Sigma \{(1)\sim(5)\} * 4.0\%$    |
|   | (8)         | 施工監理費         |      | $\Sigma \{(1)\sim(5)\} * 3.0\%$    |
|   | (9)         | 予備費           |      | 26)+27)                            |
|   |             | 26)           | 価格変動 | $\{(7)+(8)\} * \text{rate}\%$      |
|   |             | 27)           | 予備費  | $\{(7)+(8)+27\} * 5\%$             |
| 3 | 事業管理費       |               |      | (10)+(11)                          |
|   | (10)        | 事業管理費         |      | $\Sigma \{(1)\sim(5)\} * 0.35\%$   |
|   | (11)        | 予備費           |      | 28)+29)                            |
|   |             | 28)           | 価格変動 | $\{(10)\} * \text{rate}\%$         |
|   |             | 29)           | 予備費  | $\{(10)+29\} * 5\%$                |
| 4 | その他費用       |               |      | (12)+(13)                          |
|   | (12)        | その他費用         |      | $\Sigma \{(1)\sim(5)\} * 4.0\%$    |
|   | (13)        | 予備費           |      | 30)+31)                            |
|   |             | 30)           | 価格変動 | $\{(12)\} * \text{rate}\%$         |
|   |             | 31)           | 予備費  | $\{(12)+30\} * 5\%$                |
| 5 | SPC 設置費用    |               |      | (14)+(15)                          |
|   | (14)        | SPC 設立、初期運営費  |      |                                    |
|   | (15)        | 予備費           |      | 32)+33)                            |
|   |             | 32)           | 価格変動 | $\{(14)\} * \text{rate}\%$         |
|   |             | 33)           | 予備費  | $\{(14)+32\} * 5\%$                |
| 6 | 用地取得・補償費    |               |      | (16)+(17)                          |
|   | (16)        | 用地取得・補償費      |      |                                    |
|   | (17)        | 予備費           |      | 34)+35)                            |
|   |             | 34)           | 価格変動 | $\{(16)\} * \text{rate}\%$         |
|   |             | 35)           | 予備費  | $\{(16)+34\} * 5\%$                |
| 7 | 付加価値税 (VAT) |               |      | (18)                               |
|   | (18)        | 付加価値税(VAT)    |      | $(1+2+5) * 10.0\%$                 |

出典：JICA 調査団

#### (4) 積算方法

本調査における事業費積算は、D/D における事業費積算を元に、本調査で実施したデザインレビューを元にした設計提案を反映した。

##### 1) 基本的な建設費の積算方法

Circular No.04 に準拠して建設費の積算方法は基本的に積み上げ方式を採用している。本調査の積算の基本手順は、標準工事単価 (GUC) に基づく積み上げ方式であり、GUC は、直接工事費 (材料、労務、および建設機械)、その他直接工事費、間接工事費からなる。建設費用は基本的に GUC と数量に基づき積算した。

## 2) エンジニアリング費用

エンジニアリング費用は D/D レビューや入札支援、施工監理費用を含んでおり、建設費の率分として計上する。

## 3) 事業運営費用・その他費用

事業運営費用及びその他費用は、Circular No.04/2010/TT-BXD に基づいて積算した。

## 4) 初期 O&amp;M コスト

初期 O&M コストの積算条件及び結果は(9)において詳述する。

## 5) 環境モニタリング費用

環境モニタリング費用の積算条件および結果は(10)において詳述する。

## 6) 用地取得・補償費用

用地取得・補償費用の積算条件及び結果は 6.4.3 章の(3)において詳述する。

## 7) SPC 設立費用

PPP/BOT スキームにおいて、下表の通り投資家の調査費用、SPC 設立費用、SPC アドバイザリー費用はおよそ 1,250 億ドン (約 5 億円) と見積もっている。

表6.44. SPC 設立費

| SPC設立費用内訳                                     | コスト<br>(million VND) |
|---|----------------------|
| ① 法律事務所等 諸契約(BOT及び融資・担保等)への弁護士費用              | 50,000               |
| ② 財務/会計 財務モデル・事業計画作成・金融機関交渉などファイナンシャルアドバイザー業務 | 25,000               |
| ③ 事務所賃貸等                                      | 7,500                |
| ④ 人件費   | 12,500               |
| ⑤ 会社登記・設立費用                                   | 7,500                |
| ⑥ 事業関連調査費用                                    | 7,500                |
| ⑦ 広告宣伝他開業準備費                                  | 10,000               |
| ⑧ その他経費                                       | 5,000                |
| 合計  | 125,000<br>(約5億円)    |

## (5) 積算条件

## 1) 積算時期

積算時期は 2011 (平成 22) 年の第 2 四半期である。

## 2) 通貨

通貨は内貨・外貨ともにベトナムドン (VND) 表記としている。交換レートは下記 3)



を用いている。

### 3) 交換レート

交換レートはベトナム中央銀行 (the State Bank of Vietnam) 発表の交換レートを用いている。

1 JPY = 252.305 VND (as of May 2011)

1 US\$ = 20,915 VND (as of May 2011)

### 4) 通貨の使用区分

本調査における通貨の使用区分を表 6.45 に示す。

表6.45. 通貨使用区分

| 項目                 | 使用区分 |    |
|--------------------|------|----|
|                    | 外貨   | 内貨 |
| 1 建設費用             |      |    |
| (1) 建設費 (土木工事)     | ○    | ○  |
| (2) 工事保険費          | ○*1  |    |
| (3) HIV 対策費        |      | ○  |
| (4) 環境モニタリング費用     |      | ○  |
| (5) 初期 O&M 費用      | ○    | ○  |
| (6) 予備費            | ○    | ○  |
| 2 コンサルタント費用        |      |    |
| (7) D/D 費用、入札補助    | ○    | ○  |
| (8) 施工監理費          | ○    | ○  |
| (9) 予備費            | ○    | ○  |
| 3 プロジェクト運営費        |      |    |
| (10) プロジェクト運営費     | ○    | ○  |
| (11) 予備費           | ○    | ○  |
| 4 その他費用            |      |    |
| (12) その他費用         |      | ○  |
| (13) 予備費           |      | ○  |
| 5 SPC 設立費用         |      |    |
| (14) SPC 設立・初期運営費用 | ○    | ○  |
| (15) 予備費           | ○    | ○  |
| 6 用地取得・補償費用        |      |    |
| (16) 用地取得・補償費用     |      | ○  |
| (17) 予備費           |      | ○  |
| 7 付加価値税 (VAT)      |      |    |
| (18) 付加価値税 (VAT)   |      | ○  |

\*1 工事保険費はコントラクターの母国で発生する費用とみなし外貨として計上する。

出典：JICA 調査団

5) 価格変動

価格変動 (Price Contingency) は VND5,035 billion である。7.3.1(3)6)にて詳述する。

6) 予備費

予備費 (Physical Contingency) は 5%を見込む。

7) 積算費用の価値基準

建設費用は現在価格 (2011年価格) で見積もった。

(6) 設計レビューによるコスト見直し

表 6.46 に本調査で設計レビューを行って建設費用を見直した結果を示す。設計レビューのうち、安全性や機能向上を図った見直し点については費用が増えている。しかし特に橋梁については、費用見直しを行った効果が高かった。総費用として D/D 時より 1兆 1751億ベトナムドン (約 46億円) のコスト縮減提案が可能として提案する。

表6.46. D/D レビューによるコスト見直し

| 項目       |                               | 見直しコスト<br>(million VND)              |
|----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1        | 道路 (土工部)                      | -114,208                             |
|          | 1) 準備工                        | 0                                    |
|          | 2) 軟弱地盤対策工                    | -143,878                             |
|          | 3) 盛土工                        | 16,649                               |
|          | 4) 舗装工                        | 0                                    |
|          | 5) 側道                         | 0                                    |
|          | 6) サービスエリア、パーキングエリア           | 13,016                               |
|          | 7) 交通安全                       | 0                                    |
|          | 8) 排水工                        | 0                                    |
| 2.       | 橋梁 (単純桁)                      | -464,020                             |
|          | 9) 上部工                        | -14,319                              |
|          | 10) 下部工                       | -384,560                             |
|          | 11) 付属物                       | -65,141                              |
|          | 12) その他                       | 0                                    |
| 3.       | 橋梁 (連続桁)                      | -602,071                             |
|          | 13) 上部工                       | -352,327                             |
|          | 14) 下部工                       | -46,316                              |
|          | 15) 付属物                       | -33,312                              |
|          | 16) その他                       | 2,863                                |
|          | 17) 連続高架橋 (パッケージ 1 1 A)       | -172,979                             |
| 4.       | 跨道橋                           | 0                                    |
| 5.       | インターチェンジ                      | 5,167                                |
|          | 18) Than Cuu Nghia IC         | 0                                    |
|          | 19) Cai Lay IC                | 1,649                                |
|          | 20) Cai Be IC                 | 2,111                                |
|          | 21) An Thai Trung IC          | 1,407                                |
|          | 22) Bac My Thuan Intersection | 0                                    |
| 6.       | NH 1 A へのアクセス道路               | 0                                    |
| 7.       | 照明工                           | 0                                    |
| 8.       | 設備工                           | 0                                    |
| 総コスト見直し額 |                               | -1,175,132 million VND<br>(-45.9 億円) |

出典：JICA 調査団

(7) PPP 事業実施を主眼としたコスト積算結果

本調査では、建設費用を D/D で行われた積算に構造上の設計レビューを行って別案と

して提案したものを採用して積算した。

表6.47. チュンロン～ミートゥワン高速道路建設事業の総事業費

| No.               | 項目                      | 費用 (million VND)                 |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1                 | 建設費                     | 14,815,072                       |
|                   | (1) 建設費 (土木工事)          | 13,172,476                       |
|                   | (2) 工事保険                | 131,725                          |
|                   | (3) HIV 予防対策費           | 13,304                           |
|                   | (4) 環境モニタリング費           | 5,103                            |
|                   | (5) 初期 O&M 費            | 53,000                           |
|                   | (6) ITS 費               | 733,984                          |
|                   | (7) 予備費                 | 705,480                          |
| 2                 | コンサルティングサービス費           | 780,354                          |
|                   | (8) D/D 及び入札図書準備        | 226,485                          |
|                   | (9) ITS 関連 D/D 費用       | 31,479                           |
|                   | (10) D/D レビュー及び入札補助     | 66,613                           |
|                   | (11) 施工監理費              | 423,288                          |
|                   | (12) 予備費                | 32,489                           |
| 3                 | プロジェクト運営費               | 51,852                           |
|                   | (13) プロジェクト運営費          | 49,383                           |
|                   | (14) 予備費                | 2,469                            |
| 4                 | その他費用                   | 592,603                          |
|                   | (15) その他費用              | 564,384                          |
|                   | (16) 予備費                | 28,219                           |
| 5                 | SPC 設立費用                | 131,250                          |
|                   | (17) SPC 設立、初期 SPC 運営費用 | 125,000                          |
|                   | (18) 予備費                | 6,250                            |
| 6                 | 用地取得・補償費                | 2,267,339                        |
|                   | (19) 用地取得・補償費           | 2,159,370                        |
|                   | (20) 予備費                | 107,969                          |
| 7                 | 付加価値税 (VAT)             | 1,572,668                        |
|                   | (21) 付加価値税 (VAT)        | 1,572,668                        |
| 総事業費 (価格変動を見込まない) |                         | 20,211billion VND<br>(約 801 億円)  |
| 総事業費 (価格変動を見込む)   |                         | 25,222billion VND<br>(約 1000 億円) |

出典：JICA 調査団

## (8) 年間支出計画

表 6.48 にチュンルオン～ミートゥワン高速道路建設事業における年間支出額を示す。この支出計画は、高速道路建設が 2014 年に始まり、36 か月の施工工期で完成した場を想定している。2012 年及び 2013 年は建設事業の準備期間として、コンサルタントにより D/D レビュー、入札補助、用地取得・補償、SPC 設立などが行われる予定である。また 2017 年の支出は、環境モニタリング費用（建設後）である。

表6.48. チュンルオン～ミートゥワン高速道路建設事業における年間支出額

| 年次          | 2012      |           | 2013      |           | 2014      |            |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 通貨          | F/C       | L/C       | F/C       | L/C       | F/C       | L/C        |
| billion VND | 138,997   | 1,014,966 | 134,885   | 1,700,460 | 1,428,986 | 3,411,159  |
| Million JPY | 551       | 4,023     | 535       | 6,740     | 5,664     | 13,520     |
| 年次          | 2015      |           | 2016      |           | 合計        |            |
| 通貨          | F/C       | L/C       | F/C       | L/C       | F/C       | L/C        |
| billion VND | 1,442,888 | 3,485,459 | 2,569,762 | 4,884,866 | 5,715,518 | 14,496,910 |
| Million JPY | 5,719     | 13,814    | 10,185    | 19,361    | 22,653    | 57,458     |

出典：JICA 調査団

## (9) O&amp;M 費用

## 1) 初期 O&amp;M 費用

初期 O&M 費用は同様な高速道路事業の費用算出結果を用いて、下記の条件にて推定した。

- a) チュンルオン～ミートゥワン高速道路の O&M は、ホーチミン～チュンルオン高速道路と同様の O&M 業務を行う。
- b) 管理事務所等の建物は、建設中の南部広域管制センター及び既存の Expressway Management Center を活用し、新たに建設することは想定していない。
- c) チュンルオン～ミートゥワン高速道路の O&M の初期費用については、料金所と併設する管理棟、ITS 設備、それに O&M 用に必要となる車両・設備・器具の購入費用のみとする。

初期 O&M 費用を表 6.49 に示す。詳細は 6.3.5.1 に記述する。



表6.49. 初期 O&amp;M 費用

| 項目             |                 | 費用 (million VND) |
|----------------|-----------------|------------------|
| 建物             | 料金所及び管理棟 (4 か所) | 170,951          |
| O&M システム       | 交通管制システム        | 221,460          |
|                | 料金徴収システム        | 293,531          |
|                | 通信連絡システム        | 98,187           |
|                | 電気設備            | 120,807          |
| O&M 設備         | 維持管理用車両         | 53,000           |
| Total O&M Cost |                 | 957,936          |

出典：JICA 調査団

## 2) O&amp;M 費用

チュンロン～ミートゥワン間の年間の維持管理に要する費用を表 6.50 に示す。詳細は、6.3.5.2 に記述する。

表6.50. チュンロン～ミートゥワン区間の年間維持管理費

| 費目      | 費用 (VND Bil/年) | 摘要                  |
|---------|----------------|---------------------|
| 維持管理費   | 13             | 道路施設の維持管理費          |
| 運営費     | 73             | 料金所等の運営費            |
| ITS 関連費 | 9              | ITS 関連の維持管理費用       |
|         | 721            | ITS 設備更新費 (13 年に一回) |
| SPC 運営費 | 41             | 人件費、事務所経費等          |

出典：JICA 調査団

## (10) 環境モニタリング費用

環境モニタリング費用は"Environmental Impact Assessment – Project of Trung Luong - My Thuan - Can Tho Expressway construction investment according to BOT form (Period 1)" (Approved letter No. 2140/QD-BTNMT)の中で積算されていた。表 6.51 に EIA レポートで積算された環境モニタリング費用を示す。

表6.51. 環境モニタリング費用

| No. | Phase | 概算費用 (VND)    |               |             |
|-----|-------|---------------|---------------|-------------|
|     |       | 建設前           | 建設中           | 建設後         |
| 1   | 大気品質  | 198,000,000   | 950,000,000   | 175,000,000 |
| 2   | 騒音    | 30,760,000    | 641,520,000   | 95,040,000  |
| 3   | 振動    | 43,200,000    | 691,200,000   | 89,400,000  |
| 4   | 表面水品質 | 120,000,000   | 920,000,000   | 360,000,000 |
| 5   | 地下水品質 | 75,000,000    | 560,800,000   | 50,100,000  |
| 6   | 土壌品質  | 25,000,000    | 320,000,000   | 78,000,000  |
| 小計  |       | 491,960,000   | 4,083,520,000 | 847,540,000 |
| 合計  |       | 5,423,020,000 |               |             |

出典：EIA 報告書

ここに、

- a) この積算費用には、本調査の対象であるチュンロン～ミートゥワン区間だけでなく、ミートゥワン～カントー区間も含まれている。
- b) 積算時期が2008年9月と推測される。

このため、現在価格でのチュンロン～ミートゥワン区間の環境モニタリング費用は以下の方法により算出した。

- c) 環境モニタリング費用は高速道路延長に比例すると考え、チュンロン～ミートゥワン区間(延長54.3km、ミートゥワン～カントーは24.5km)の費用は、区間長が68.8%であることから算出する。
- d) 積算時点を一致させるため、2008年費用を2011年費用に換算する。

以上より

VND5,423million \*0.688\*(1+r08\*3/12)\*(1+r09)\*(1+r10)\*(1+r11\*7/12)= VND 5,103 million

ここに、

rxx : 各年の価格変動。r08=0.231, r09=0.067, r10=0.092, r11=0.188

(IMF World Economic Outlook, September 2011 より引用)

#### (11) 事業実施への提言

- a) 本調査におけるD/Dレビューと設計変更提案は、概略設計計算に基づく数量・図面から算出したものであるため、事業実施段階に置いて再度レビュー・設計を行う必要がある。
- b) Than Cuu Nghia インターチェンジは、当初トランペット型で設計が完了していたが、地元人民委員会からの要望によりクローバーリーフ型に変更となったが、詳細設計は実施されていない。本調査における積算方法は比率（道路延長、橋梁延長）を元にした。よって、事業実施直後から測量及び設計に取り掛かるべきである。
- c) 6車線拡幅の計画も現在までには設計が行われていない（現在4車線）

#### (12) 工区分け

詳細設計では、BEDCと設計コンサルタントの協議に基づき18工区に分けられている。