

IR 区域における液状化対策に関する 検討結果

令和 5 年 9 月

大阪府・大阪市 IR 推進局

大阪港湾局

1 はじめに

大阪府と大阪市は、夢洲の IR 区域における液状化等の土地課題が顕在化したことを受け、安全・安心かつ長期間にわたり安定的・持続的な事業実施を確保する観点から、令和 3 年 12 月に「IR 予定区域等における液状化対策に関する専門家会議(以下、「専門家会議」という。)」を設置し、専門家からの助言を受けながら、対策の検討を進めることとした。

液状化対策の検討に際しては、大阪府、大阪市としての基本的な考え方を以下のとおり整理し、この考え方に基づいて、専門家会議での議論を深めてきた。この度、液状化対策の内容をとりまとめたので、その検討経過や今後の方向性を以下に示す。

■基本的な考え方

- ・ IR は国内外から毎年約 2,000 万人が訪れる国際観光拠点の核となる大規模集客施設
- ・ 夢洲特有の軟弱地盤や、災害時に求められる高い安全性や超高層を含む大規模施設群等の IR 事業用途としての適性を踏まえ、高い安全性の確保を重視・前提とした対策を講じていく必要

2 専門家会議における検討経過

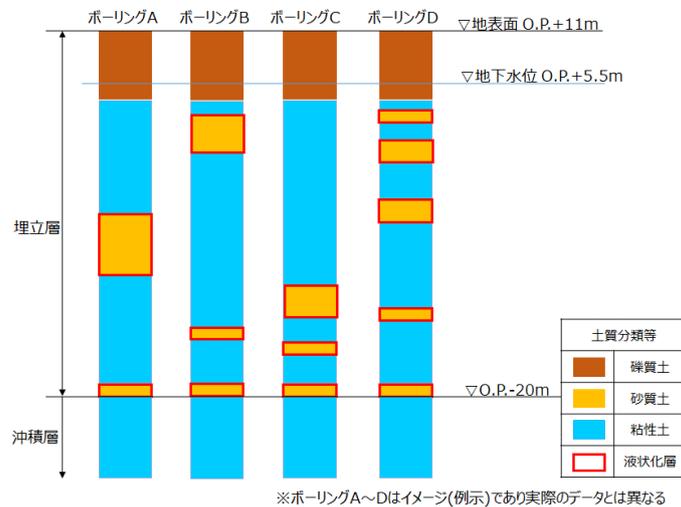
2.1 液状化対策の検討プロセス

(1) 地盤の評価

IR 事業者が調査した IR 事業用地内における 39 箇所及び 134 箇所のボーリング調査を基に、液状化判定を行ったところ、液状化層は不均一に存在し、連続性も見られないことが確認された。

(参考図 1 参照)

夢洲の埋立履歴を確認した結果、受入に用いた排砂管位置と液状化層との相関は見られた一方、排砂管の位置が時期によって変更されており、結果として液状化層も不均一となったと推察される。



参考図 1 IR 事業用地における液状化層分布 (イメージ)

■評価結果

- ・ IR 事業用地の液状化層は、地下水位レベル(O.P.+5.5m 付近)から海底地盤面(O.P.-20m 付近)の間に不均一に点在しており、連続性が見られない

(2) 対策工法の選定

対策工法については、当初、液状化対策に一般的に用いられるサンドコンパクションパイル(締固め砂杭)工法(以下、「SCP工法」という。)を想定していた。

しかし、IR事業用地は軟弱粘土層に液状化層が点在することから、SCP工法で施工する砂杭が周囲の軟弱粘土層に逃げ、締固め効果が十分期待できない可能性があること、また地盤の密度が増加するため地盤沈下への影響も懸念されることがわかった。

そのため、より確実な効果が見込めるセメント系固化工法を基本に詳細検討を進めることとした。

■工法の選定

- ・ 軟弱粘土層に液状化層が点在しており、当初想定していた締固め砂杭工法(SCP)の効果が十分期待できない可能性があることから、より確実な効果が見込めるセメント系固化工法を採用

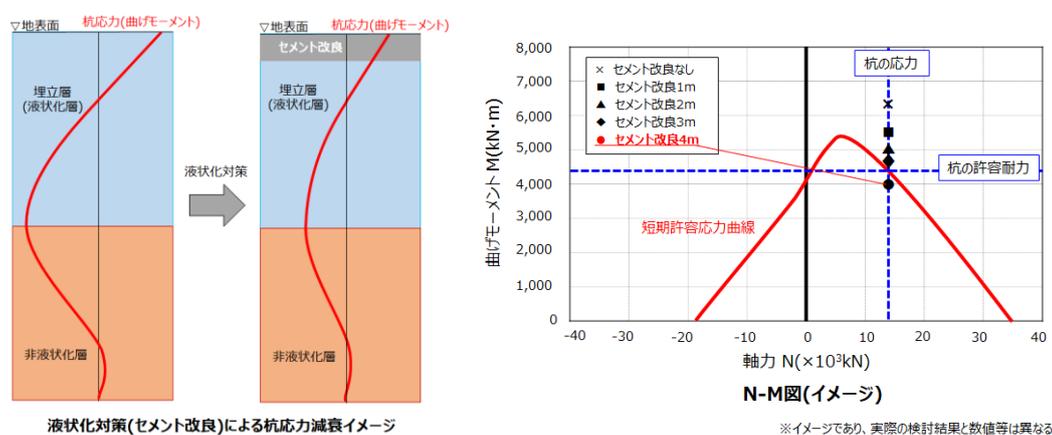
(3) 対策範囲等の検討

①対策範囲(改良層厚)

セメント改良を行う対策範囲については、建物ブロックごとに建物直下を改良することを基本に検討することとした。なお、地盤調査分析結果から、液状化層は不均一に存在することから高い安全性に配慮して全層液状化層と評価し、仮に液状化が発生したとしても建物に被害が生じないような対策となるよう検討した。

具体的には、建物の杭概略計算により地震時に杭にかかる応力が杭の許容耐力以下となるよう、建物直下、いわゆる杭頭部をどの深度までセメント改良し非液状層を確保する必要があるのかを検討した。(参考図2参照)

結果、必要となるセメント改良範囲(改良層厚)は概ね3~5mとなることを確認した。



参考図2 杭概略計算イメージ(改良層厚4mの場合)

②外構部

建物の外構部については、計画地盤高さがO.P.+11mであり、表層部分に地下水位より上の非液状化層が5m以上確保され、舗装や覆土等もなされるため、液状化が発生したとしても大規模な噴砂が生じることはなく、被害が局所的で小規模と見込まれることから、復旧による対応とした。

ただし、建物周辺については、後述する改良形式に応じて追加で改良(余改良)するかを検討することとした。

③余改良

セメント改良範囲については、建物直下を基本とするが改良範囲の周囲の液状化の影響を受ける場合、周囲を追加で改良(余改良)する必要がある。今回の対策で採用し得るセメント改良形式としては、対策範囲を全て改良する「全面改良」と対策範囲を格子状に改良する「格子状改良」があり、それぞれの改良形式に合わせて検討を行った。

まず、全面改良については、改良体の強度が小さい等、周囲の液状化の影響を受ける恐れがあることから、余改良が必要となる。影響を受ける範囲については、「埋立地の液状化対策ハンドブック(財団法人 沿岸開発技術センター)」にある改良層厚の 0.6 倍程度(下表参照)を参考に、高い安全性に配慮し、改良層厚と同じ幅(3~5m)とすることとした。

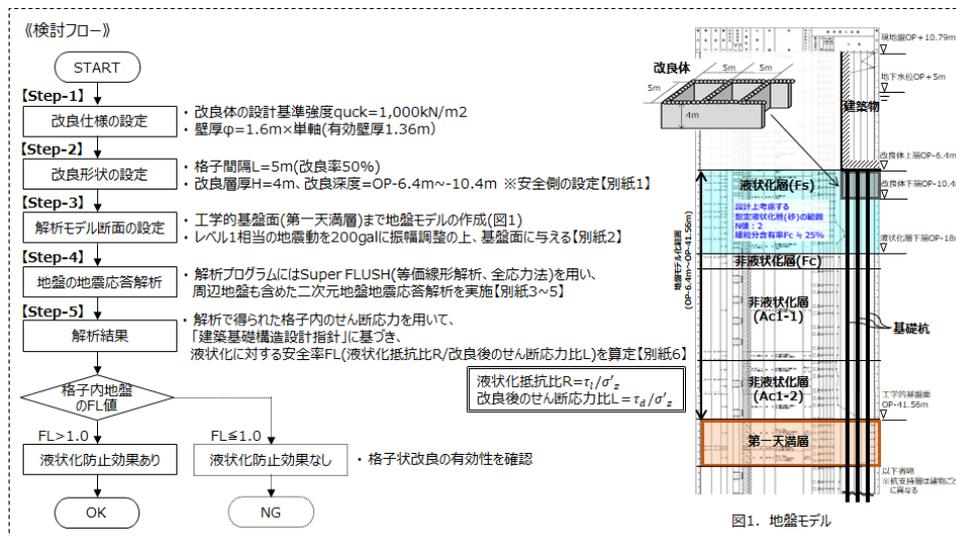
一方、格子状改良については、改良壁は格子内の液状化を抑止するための強度を確保しており、その壁が周囲の影響も抑止することから余改良は不要であることを確認した。

表 1 改良形式による余改良の考え方

| 改良形式 | 全面改良 | 格子状改良 |
|--------|--------------------------------|------------------------|
| 改良体の形状 | | |
| 改良体の強度 | 100kN/m ² | 1,000kN/m ² |
| 改良イメージ | | |
| 余改良 | 必要 (余改良幅 L=H) | 不要 |
| 考え方 | 周囲の液状化の影響を考慮し、改良層厚に応じた余改良範囲を設定 | 建物直下の改良壁が周囲の液状化の影響を抑止 |

④改良形式

対策範囲の決定後、全面改良や格子状改良といった改良形式について検討を行った。特に、格子状改良については、IR 事業用地の地盤を全層液状化層と評価したことから、改良範囲の下部に液状化層が残る等、通常の条件とは異なるため、地震応答解析を用いて下記のフローにより有効性検証を行った。(参考図 3 参照)



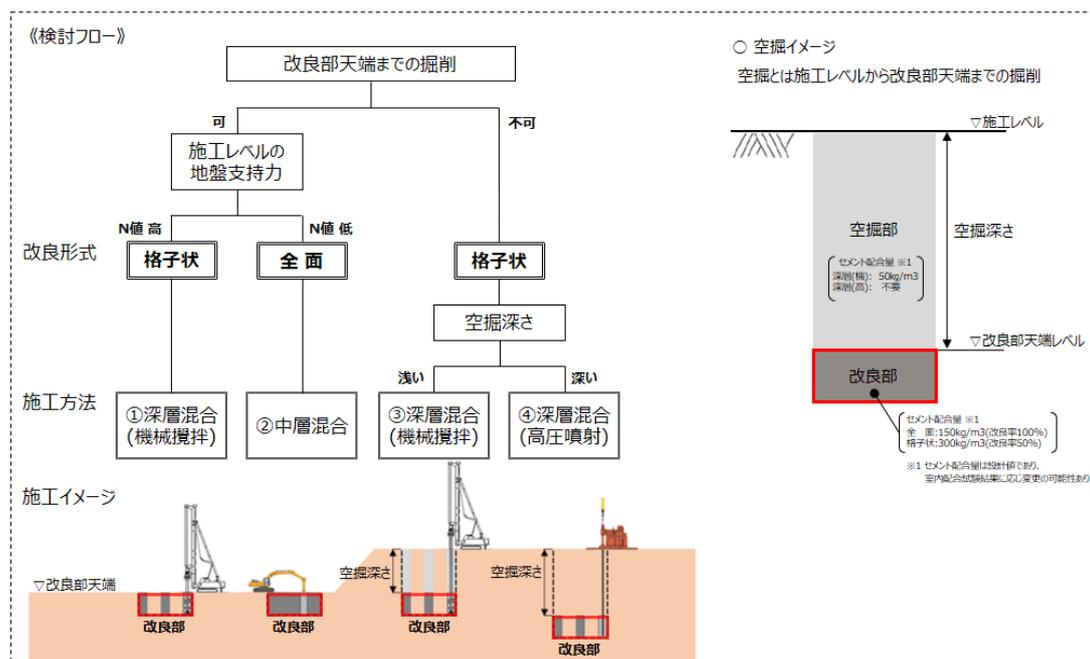
参考図 3 格子状改良の検討フロー

結果、全層液状化層と評価した場合においても、格子状改良の有効性が検証できたため、改良形式としては、全面改良もしくは格子状改良を検討することとした。

⑤ 施工方法

改良形式に加え、中層混合処理工法や深層混合処理工法(高圧噴射攪拌工法、機械攪拌工法)といった施工方法についても、建物ブロックごとに有効性や施工性、経済性を勘案して選定することとし、下記検討フロー(参考図 4 参照)の考え方について確認した。

検討フローに基づく、改良形式と施工方法の組み合わせとしては、「全面改良・中層混合処理工法」「格子状改良・深層混合処理工法」の 2 パターンとなった。



参考図 4 改良形式・施工方法の検討フロー

■ 検討結果

- ・ 対策範囲としては、建物直下を改良することを基本に、液状化が発生しても建物に被害が生じない対策とする
 - ※ 外構部については、液状化による被害が局所的で小規模と見込まれることから、復旧による対応が可能
- ・ 建物ブロックごとに必要となるセメント改良範囲を決定し、有効性や施工性、経済性を勘案し改良形式や施工方法を選定
 - ※ 改良層厚の検討は建物の杭概略計算により行い、その際の地盤は高い安全性に配慮して全層液状化層と評価
 - ※ 改良形式は「全面改良」もしくは「格子状改良」とし、全面改良の場合は、建物周囲の一定の範囲を改良(余改良)する

2.2 対策内容

これまでの検討結果から、液状化対策の内容をとりまとめると、以下のとおりとなる。

■ 対策内容(まとめ)

対策工法：セメント系固化工法

対策面積：約 21ha(建物直下)

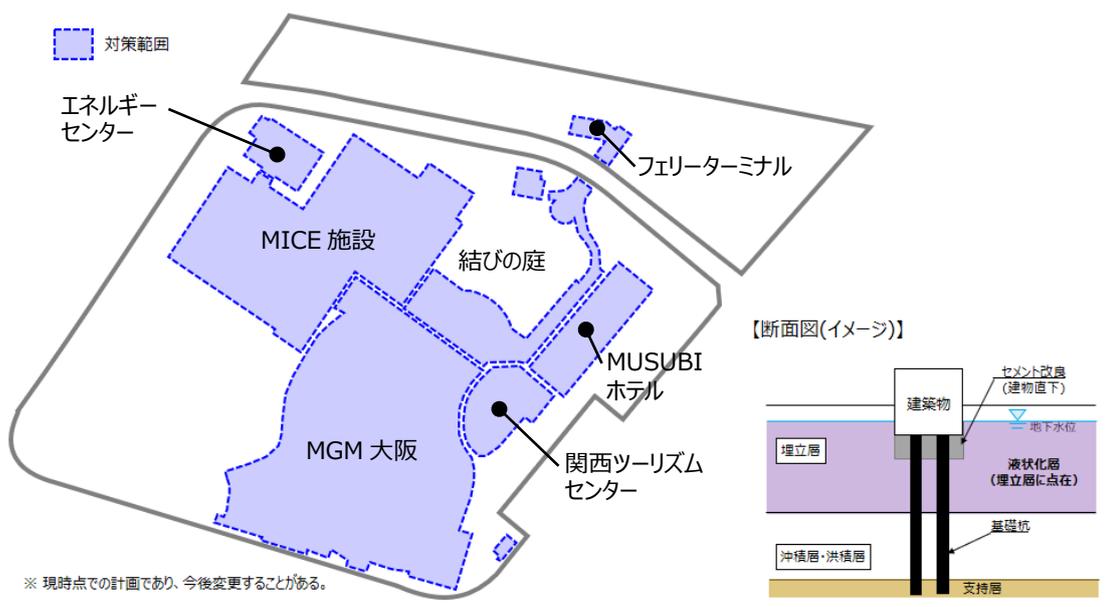
改良層厚：概ね 3～5m

施工方法：深層混合処理工法(機械攪拌)による格子状改良

※MICE 施設は中層混合処理工法による全面改良

【対策範囲】

■ 対策範囲



2.3 結論

検討結果に基づく液状化対策費用は 255 億円と見込まれ、本市の土地課題対策にかかる債務負担行為限度額 788 億円のうち、液状化対策の費用(410 億円)の範囲内となった。

以上から、専門家会議においても、これまでの検討結果を踏まえた液状化対策の内容について、安全面や経済面に配慮されたものであり、妥当であることを確認した。

3 今後の進め方

専門家会議での結論を踏まえ、今後、液状化対策を進めていくこととなるが、適切に施工管理等を実施し、インフレ等の影響等も注視しつつ、債務負担行為限度額の範囲内に収まるよう適正な予算執行に取り組みながら、高い安全性の確保を重視・前提とした対策を講じていく。

IR 予定区域等における液状化対策に関する専門家会議

■ 専門委員（五十音順・敬称略）

| 氏名 | 所属 |
|-----------|--------------------------|
| 岩田 知孝 | 京都大学防災研究所 教授 |
| 大島 昭彦（座長） | 大阪公立大学都市科学・防災研究センター 特任教授 |
| 鬼丸 貞友 | 関西学院大学建築学部 教授 |
| 鋤田 泰子 | 神戸大学大学院工学研究科 教授 |

■ 府市関係部局

| 所属 | 備考 |
|----------------|-----|
| 大阪府・大阪市 IR 推進局 | 事務局 |
| 大阪港湾局 | |

■ 会議開催経過

| | 日時 | 議題 |
|-------|-----------------------|-------------------------------------|
| 第 1 回 | 令和 3 年 12 月 1～2 日(書面) | 会議の設置等 |
| 第 2 回 | 令和 3 年 12 月 3 日 | 夢洲の地盤特性等について 液状化対策の方向性について |
| 第 3 回 | 令和 4 年 12 月 23 日 | 地盤調査結果について 液状化対策の検討状況について |
| 第 4 回 | 令和 5 年 3 月 27 日 | 地盤調査結果について 液状化対策の検討状況について |
| 第 5 回 | 令和 5 年 5 月 30 日 | 液状化対策の検討状況について |
| 第 6 回 | 令和 5 年 7 月 19 日 | 液状化対策の検討状況について |
| 第 7 回 | 令和 5 年 9 月 19 日 | 液状化対策の検討状況について 液状化対策の検討結果(案)について |