

8.6. 地盤沈下（軟弱地盤上の盛土等）

8.6. 地盤沈下（軟弱地盤上の盛土等）

8.6.1. 現況調査

(1) 調査内容

地盤沈下の現況調査は、表 8.6-1 に示すとおり、「地形・地質の状況」及び「地盤沈下の状況」を把握した。

表 8.6-1 調査内容（地盤沈下）

調査内容	
地盤沈下 （軟弱地盤の盛土等）	地形・地質の状況 ・軟弱地盤の分布 ・土の工学的特性 地盤沈下の状況 ・地盤沈下の範囲、沈下量

(2) 調査方法

調査方法は、表 8.6-2 に示すとおりとした。

表 8.6-2 調査方法（地盤沈下）

調査項目	調査方法
地形・地質の状況 ・軟弱地盤の分布	地質調査（ボーリング調査）により把握するものとした。
・土の工学的特性	土質試験により把握するものとした。
地盤沈下の状況 ・地盤沈下の範囲、沈下量	既存文献資料により、地盤沈下の範囲、沈下量について把握するものとした。

※ボーリング調査結果は、「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」に掲載している。

(3) 調査地域及び調査地点

地形・地質の調査地点（ボーリング調査地点）は、既存資料を参考に調査地域の地形や地質区分を確認できるよう配慮して選定した。

ボーリング調査地点は、「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」の図 8.5-5 に示すとおりである。

(4) 調査期間等

ボーリング調査は、「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」の表 8.5-5 に示す時期に実施した。

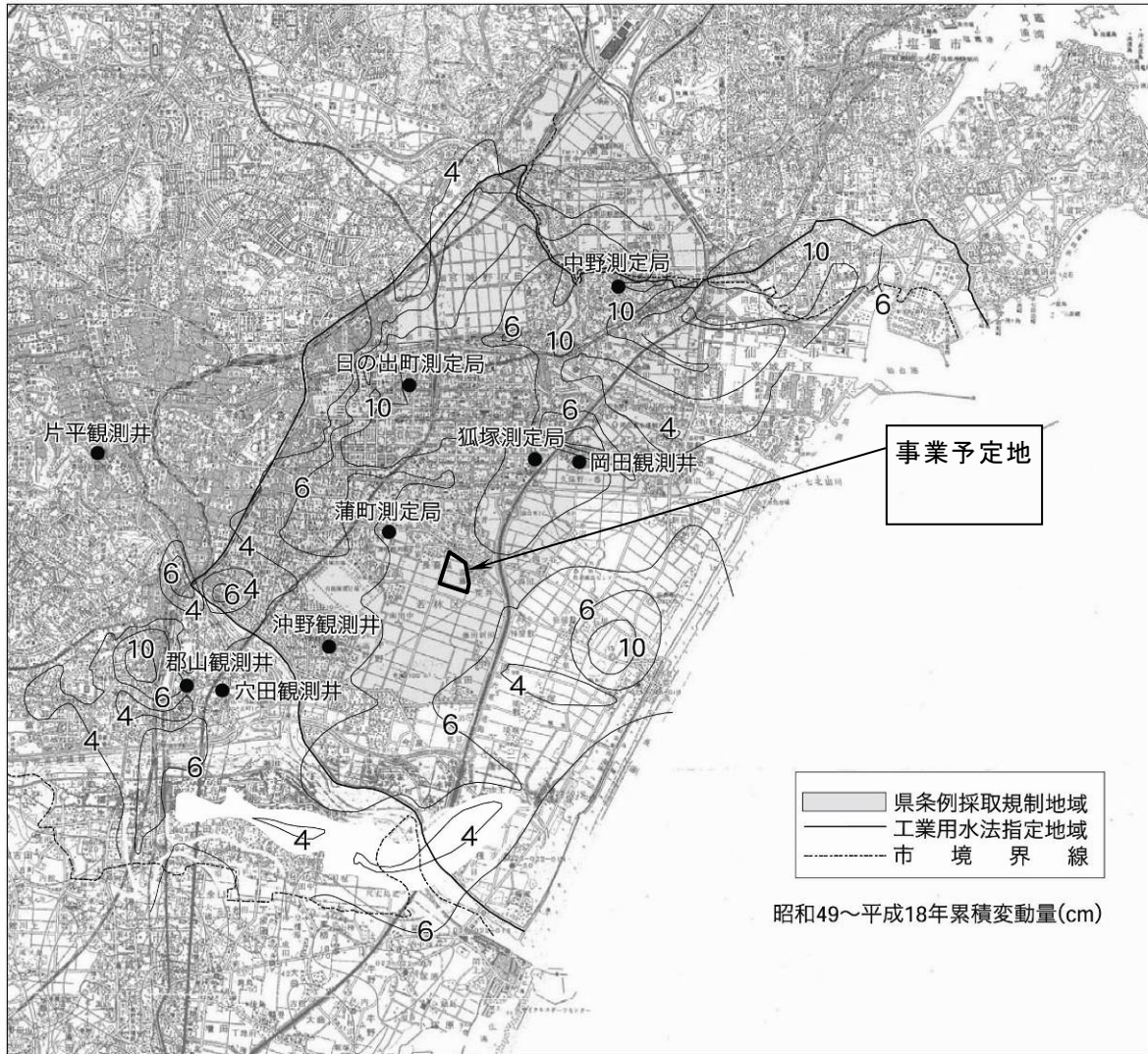
(5) 調査結果

ア 既存資料調査

（ア）地盤沈下の状況

仙台平野地域の昭和 49 年から平成 18 年の累積地盤変動量は、図 8.6-1 に示すとおりである。

事業予定地付近の昭和 49 年から平成 18 年の地盤沈下量は 6cm 程度となっている。



出典:仙台市の環境 (平成 23 年 2 月仙台市環境局)

図 8.6-1 仙台平野地域水準測量累積地盤変動量及び地盤沈下観測井

イ 現地調査

(ア) 地形・地質の状況

① ボーリング調査結果を踏まえた軟弱地盤の分布状況

本事業では、事業予定地内の7地点においてボーリング調査を実施している。調査結果は「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」の表 8.5-6 に、事業予定地内の推定断面図は同様に図 8.5-4(1)～(5)示すとおりである。

② 土の工学的特性（土質試験結果）

(a) 粘性土の土質試験結果

事業予定地の粘性土の土質試験結果は「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」の表 8.5-10 に示すとおりである。

(b) 砂質土の土質試験結果

事業予定地の砂質土の土質試験結果は「8.5 地形・地質（現況地形・土地の安定性）」の表 8.5-11 に示すとおりである。

8.6.2. 予測

(1) 工事による影響（切土・盛土・掘削等）

ア 予測内容

事業予定地及びその隣接地における地盤沈下の範囲及び沈下量について予測するものとし、以下の2点について解析を行った。

【解析内容】

- ①計画盛土厚に対する沈下量の検討
- ②最終沈下量が計画盛土高で終息する盛土厚（余盛り量）の検討

イ 予測地域及び予測地点

予測地域は、事業予定地とその隣接地とし、軟弱地盤対策工法の選定後に影響範囲を踏まえ確定することとした。

予測地点は、予測地域と同様とした。

ウ 予測時期

予測時期は、工事の影響が最大となる時期とした。

エ 予測方法

予測方法は、圧密理論式を基本とした理論的解析によるものとした。

沈下量及び沈下時間については、「道路土工－軟弱地盤対策工指針」（昭和 61 年 11 月、日本道路協会）に示される次式に基づき予測を行った。

① 沈下量

$$S = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \times H \quad \cdots \text{予測式 1}$$

ここに、
 S : 沈下量 (cm)
 e_0 : 圧密層の初期間隙比
 e_1 : 圧密層の圧密後間隙比
 H : 圧密層の層厚 (cm)

※砂質土の間隙比は、「道路土工－軟弱地盤対策工指針」（日本道路協会）による砂の圧力－間隙比曲線を用いた。

② 沈下時間

$$S_c = S \times U$$

$$t = \frac{d_2}{C_v} \times T_v \quad \dots \text{予測式 2}$$

- ここに、
- S_c : 圧密度 U における沈下量 (cm)
 - t : 任意の圧密度 U に達するのに要する時間 (day)
 - S : 圧密層厚として換算した層の合計沈下量 (cm)
 - U : 圧密度 (%)
 - T_v : 時間係数
 - C_v : 圧密係数 (cm²/day)
 - D : 最大排水距離 (cm)
 - 両面排水の場合 $d = H' / 2$
 - 片面排水の場合 $d = H'$ (←本検討採用条件)
 - H' : 換算深さ (cm)

表 8.6-3 圧密度 U -時間係数 T_v の関係

U (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
T_v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.196	0.287	0.403	0.567	0.848

オ 予測結果

(ア) 計画盛土厚による沈下量

計画盛土厚による沈下量の検討は、図 8.6-2 に示す検討断面で実施した。

予測式 1 を用いて算出した計画盛土高における沈下予測結果は、表 8.6-4 に示すとおりである。

検討地点としている事業予定地内の全ての地点で総沈下量 20cm 内外（うち圧密沈下量 3~16cm 程度）が発生するものと予測する。

この沈下量により、計画盛土厚で施工した場合には、沈下終息後の盛土天端高が計画高より最大 23cm 低くなるため、以降において計画盛土高で沈下が終息する盛土厚の検討を行った。

表 8.6-4 計画盛土厚による沈下予測結果

検討地点	基礎地盤の地質	盛土条件 (m)			検討結果 (m)			沈下後の盛土天端高 (m)
		盛土基面高 H	盛土天端高 H	計画盛土厚 D	即時沈下量	圧密沈下量	総沈下量	
B-1	有機質土	3.88	4.90	1.02	0.05	0.06	0.11	4.79
B-2	粘性土	2.77	4.60	1.83	0.07	0.13	0.20	4.40
B-3	粘性土	2.65	4.40	1.75	0.07	0.15	0.22	4.18
B-4	粘性土	2.40	4.10	1.70	0.07	0.16	0.23	3.87
B-5	有機質土	2.42	3.70	1.28	0.05	0.10	0.15	3.55
B-6	有機質土	2.30	3.60	1.30	0.08	0.03	0.11	3.49
B-7	有機質土	2.24	3.30	1.06	0.05	0.07	0.12	3.18

注) 盛土基面高は、東北地方太平洋沖地震による復興支援（圃場整備）の一環として表土を提供する事としている。そのため、表土のすきとり分を考慮し、現況地盤から 30cm 分を除外した。

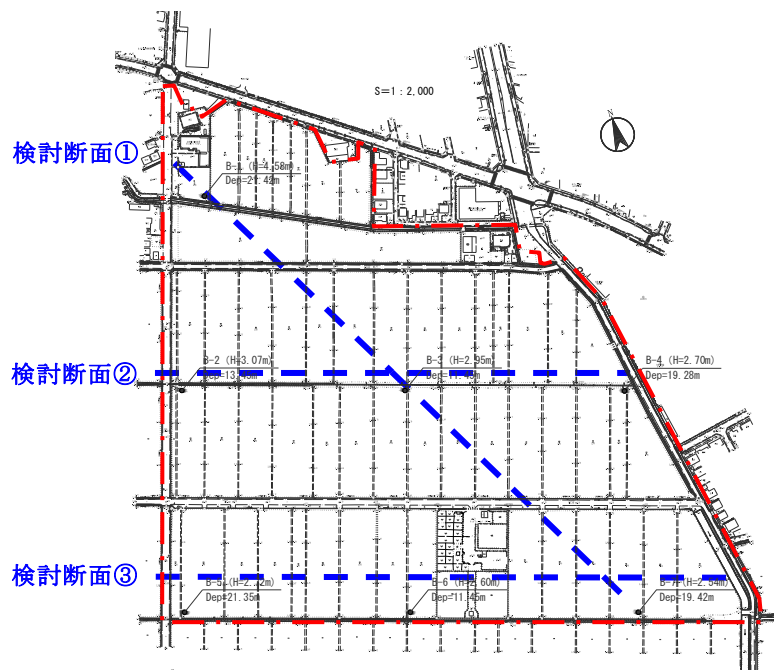


図 8.6-2 検討位置

凡例 地質層序表

地質時代	地質名	記号	
第四紀	盛土	bs	
	表土	ss	
	完新世	有機質土	Apt
		砂質土 1	As1
		粘性土 1	Ac1
		砂質土 2	As2
		砂質土 3	As3
		砂質土 4	As4
		粘性土 2	Dc
	更新世	砂質土 5	Ds
	砂礫 1	Dg	

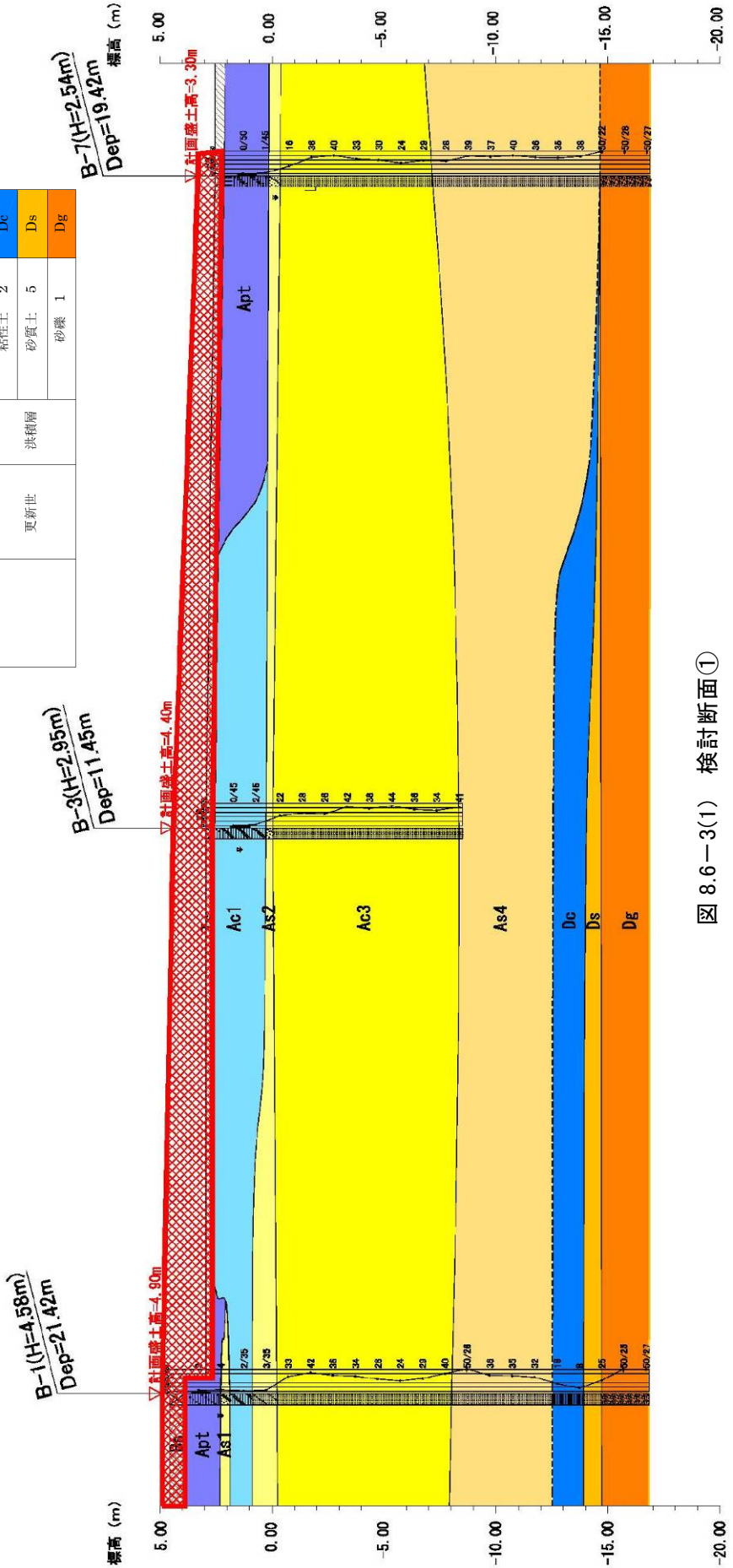


図 8.6-3(1) 検討断面①

凡例 地質層序表

地質時代	地質名	記号	
第四紀	盛土	bs	
	表土	ss	
	沖積層	有機質土	Apt
		砂質土 1	As1
		粘性土 1	Ac1
		砂質土 2	As2
		砂質土 3	As3
		砂質土 4	As4
		粘性土 2	De
	更新世	砂質土 5	Ds
砂礫層		Dg	

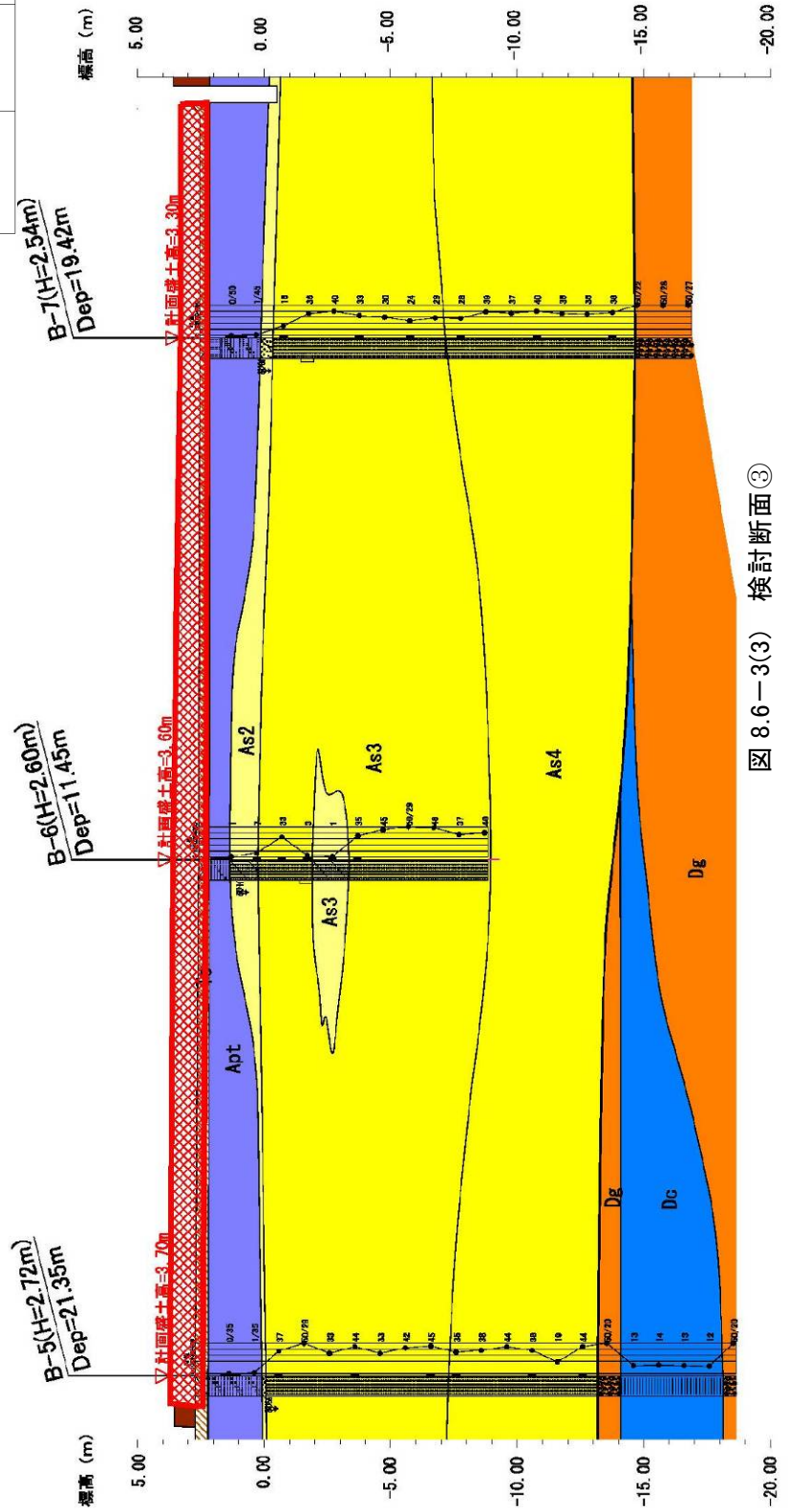


図 8.6-3(3) 検討断面③

(イ) 最終沈下量が計画盛土高で終息する盛土厚（余盛り量）

計画盛土厚で発生する沈下量により、沈下終息後の盛土天端が計画ラインより最大 23cm 程度低くなる検討結果が得られたため、沈下量を考慮した施工盛土厚の予測を行った。

検討位置としては、水田の検討地点がすべて網羅される検討断面②及び検討断面③をモデル地盤として、次の地点とした。

検討断面②：B-2 地点、B-3 地点、B-4 地点

検討断面③：B-5 地点、B-6 地点、B-7 地点

予測式 1 を用いて算出した沈下予測結果は、表 8.6-5 に示すとおりである。

基礎地盤の地質が粘性土である検討断面②では、表 8.6-4 に示したとおり、計画盛土厚（1.70～1.83m）に対する最終沈下量が 20～23cm 程度であったため、沈下後の盛土天端高は 3.87～4.40m と予測していた。そのため、表 8.6-5 に示すとおり、盛土厚を 22～26cm 増やすことで、沈下後の計画盛土高は約 4.10～4.60m で終息するものと予測する。

基礎地盤の地質が有機質土である検討断面③では、表 8.6-4 に示したとおり、計画盛土厚（1.06～1.30m）に対する最終沈下量が 11～15cm 程度であったため、沈下後の盛土天端高は 3.18～3.55m と予測していた。そのため、盛土厚を 12～17cm 増やすことで、沈下後の計画盛土高は約 3.30～3.70m で終息するものと予測する。

表 8.6-5 余盛り量を踏まえた沈下予測結果

検討地点	基礎地盤の地質	盛土条件			最終沈下量 S (m)	沈下後の盛土天端高 H (m)	圧密度 90%到達日数 (日)
		盛土基面高 H (m)	盛土天端高① H (m)	盛土厚 D (m)			
B-2	粘性土	2.77 ^{※1}	4.82	2.05	0.22	4.60	36 ^{※2}
B-3	粘性土	2.65 ^{※1}	4.64	1.99	0.24	4.40	65 ^{※2}
B-4	粘性土	2.40 ^{※1}	4.36	1.96	0.26	4.10	77 ^{※2}
B-5	有機質土	2.42 ^{※1}	3.87	1.45	0.17	3.70	18 ^{※2}
B-6	有機質土	2.30 ^{※1}	3.72	1.42	0.12	3.60	0 ^{※2}
B-7	有機質土	2.24 ^{※1}	3.44	1.20	0.14	3.30	10 ^{※2}

※1：盛土基面高は、東北地方太平洋沖地震による復興支援（圃場整備）の一環として表土を提供する事としている。そのため、表土のすきとり分を考慮し、現況地盤から 30cm 分を除外した。

※2：盛土速度 30cm/day とした場合の、盛立て完了後からの経過日数を示す。

(2) 存在による影響（改変後の地形・工作物等の出現）

ア 予測内容

本事業では、基盤整備後、戸建て住宅や集合住宅、低層の業務・商業施設を誘致する計画としており、余盛り量を踏まえた基盤整備だけでは不十分と考え、供用開始後の建築物や構造物の加重等の沈下量を事前に促進させておくためのプレロード工法を前提とした施工盛土厚を予測した。

イ 予測地域及び予測地点

予測地域は、工事による影響（切土・盛土・掘削等）と同様とした。

ウ 予測時期

予測時期は、工事による影響（切土・盛土・掘削等）と同様とした。

エ 予測方法

予測方法は、工事による影響（切土・盛土・掘削等）と同様とした。

オ 予測結果

供用開始後の建築物等の荷重を踏まえた沈下量は、表 8.6-6 に示すとおりである。なお、プレロード盛土の厚さは、表 8.6-7 に示す一般的な木造・鉄骨造住宅の荷重を参考に、盛土 1m 程度（ $19 \text{ kN/m}^3 \times \text{厚さ } 1\text{m} = 19 \text{ kN/m}^2$ ）とした。

表 8.6-6 プレロード盛土量を踏まえた沈下予測結果

検討地点	基礎地盤の地質	盛土条件				最終沈下量 S (m)	沈下後の盛土天端高 H (m)	圧密度 90%到達 日数 (日)
		盛土基面高 H (m)	盛土天端高① H (m)	盛土天端高② H (m)	盛土厚 D (m)			
B-2	粘性土	2.77 ^{※1}	4.82	5.82	3.05	0.30	5.52	40 ^{※2}
B-3	粘性土	2.65 ^{※1}	4.64	5.64	2.99	0.34	5.30	73 ^{※2}
B-4	粘性土	2.40 ^{※1}	4.36	5.36	2.96	0.37	4.99	87 ^{※2}
B-5	有機質土	2.42 ^{※1}	3.87	4.87	2.45	0.31	4.56	22 ^{※2}
B-6	有機質土	2.30 ^{※1}	3.72	4.72	2.42	0.20	4.52	0 ^{※2}
B-7	有機質土	2.24 ^{※1}	3.44	4.44	2.20	0.27	4.17	13 ^{※2}

※1：盛土基面高は、東北地方太平洋沖地震による復興支援（圃場整備）の一環として表土を提供する事としている。そのため、表土のすきとり分を考慮し、現況地盤から 30cm 分を除外した。

※2：盛土速度 30cm/day とした場合の、盛立て完了後からの経過日数を示す。

表 8.6-7 建物の荷重

階数	荷重 (kN/m ²)
1階建て	7 (5~9)
2階建て	10 (8~12)
3階建て	14 (12~16)

出典：「小規模建築物基礎設計指針」（2008年、日本建築学会）

本事業はプレロード工法の採用により、圧密沈下の残留沈下量は2 cm～4 cmとなる。
 これは、表 8.6-8 に示す木造布基礎の許容沈下量の標準値 2.5 cm～最大値 4.0 cm以内にあり、基盤整備後の建築物等の施工に伴う即時沈下の影響は小さいものと予測する。

表 8.6-8 許容沈下量の参考値

沈下の種類 基礎形式	即時沈下		圧密沈下	
	布基礎	べた基礎	布基礎	べた基礎
標準値	2.5 cm	3～(4) cm	10 cm	10～(15) cm
最大値	4.0 cm	6～(8) cm	20 cm	20～(30) cm

出典：「小規模建築物基礎設計指針」（日本建築学会）

8.6.3. 環境の保全及び創造のための措置

(1) 工事による影響

本事業はプレロード工法の採用により、圧密沈下の残留沈下量は 2 cm～4 cm となると予測した。

また、本事業の実施にあたっては、周辺地域における住宅その他の建物等への地盤沈下の影響に対してさらに、以下の環境保全措置を講ずることとする。

- ・ 工事期間中、事業予定地内の地盤高を測量し、その変動を把握しながら工事を進める。

(2) 存在による影響（改変後の地形、工作物の出現）

本事業はプレロード工法の採用により、圧密沈下の残留沈下量は、木造布基礎の許容沈下量の標準値 2.5 cm～最大値 4.0 cm 以内にあり、基盤整備後の建築物等の施工に伴う即時沈下の影響は小さいものと予測した。

また、本事業の実施にあたっては、計画地内に建設される住宅その他の建物等への地盤沈下の影響に対してさらに、以下の環境保全措置を講ずることとする。

- ・ 建築着工前にサウンディング試験（2 宅地に 1 箇所程度）などにより、建築基礎地盤の強度の確認を行う。

表 8.6-9 環境の保全のための措置の検討結果整理

環境保全措置	地盤高測量による 変動の把握	建築着工前の 基礎地盤強度の確認
実施期間	工事中	
実施位置	事業予定地内	
効果及び変化	効果を定量的に把握できないが、実行可能な範囲で影響を低減できる	
実行可能性	可能	
副次的な影響	なし	

8.6.4. 評価

(1) 工事による影響（切土・盛土・掘削等）

ア 回避低減に係る評価

(ア) 評価方法

調査及び予測の結果並びに保全対策を踏まえ、周辺地域における住宅その他の建物等への地盤沈下の影響が、事業者の実行可能な範囲で回避され、または、低減されているものであるか否かを評価した。

(イ) 評価結果

本事業はプレロード工法の採用により、圧密沈下の残留沈下量は 2 cm～4 cm となると予測した。

また、本事業では、工事期間中、事業予定地内の地盤高を測量し、その変動を把握しながら工事を進めるなどの環境の保全のための措置を講ずることとしていることから、工事中の盛土に伴う地盤沈下の影響は、実行可能な範囲内で、最大限の回避・低減が図られていると評価する。

イ 基準や目標との整合性に係る評価

(ア) 評価方法

予測結果が以下に示す基準又は目標との整合が図られているかを評価する。

- ・「周辺地域に対する地盤沈下の影響を未然に防止すること」

(イ) 評価結果

本事業では、工事中に実施するプレロード工法により、圧密沈下をあらかじめ促進させていることから、周辺地域に対する地盤沈下の影響を未然に防止することと整合が図られていると評価する。

(2) 存在による影響（改変後の地形、工作物等の出現）

ア 回避低減に係る評価

（ア）評価方法

調査及び予測の結果並びに保全対策を踏まえ、周辺地域における住宅その他の建物等への地盤沈下の影響が、事業者の実行可能な範囲で回避され、または、低減されているものであるか否かを評価した。

（イ）評価結果

本事業はプレロード工法の採用により、圧密沈下の残留沈下量は、木造布基礎の許容沈下量の標準値 2.5 cm～最大値 4.0 cm以内にあり、基盤整備後の建築物等の施工に伴う即時沈下の影響は小さいものと予測した。

本事業地では、建築着工前にサウンディング試験（2 宅地に 1 箇所程度）などにより、建築基礎地盤の強度の確認を行うなどの環境の保全のための措置を講ずることとしていることから、改変後の地形や、工作物等の出現による盛土地盤の地盤沈下の影響は、実行可能な範囲内で、最大限の回避・低減が図られていると評価する。

イ 基準や目標との整合性に係る評価

（ア）評価方法

予測結果が以下に示す基準又は目標との整合が図られているかを評価する。

- ・「事業予定地内の地盤沈下の影響を未然に防止すること」

（イ）評価結果

本事業では、工事中に実施するプレロード工法により、圧密沈下をあらかじめ促進させていることから、地盤沈下の影響を未然に防止することと整合が図られていると評価する。

(3) 東日本大震災からの復旧に係る評価

ア 評価方法

復旧は長期にわたるため、その詳細な内容、進捗等については未知数である。そのため、予測評価を行う時点で、明確になっている事項や確実に想定できる事項については、必要に応じて予測条件に盛り込み、定性的に予測・評価した。

イ 評価結果

事業予定地北側一帯の既成市街地では、震災により一部地盤沈下などによる交通・電気・ガス・水道などのライフラインの寸断等の影響を受けたが、大規模な現況地盤の崩落、陥没などは見られなかった。事業予定地においても、市道の陥没、農業用排水路の部分的な崩落等が局所的に見られたものの、現況地盤に極端な変化はなかった。

現況調査で実施したボーリング調査は、震災前後で実施しているが、地質についてもその前後で極端な変化は認められていない。

本事業では、基盤形成にあたり、地震等による地形地質の変化が生じないよう、十分な施工計画を検討・実施していくことから、事業予定地の基盤は、整備後の地形を維持できるものと評価する。

なお、現時点では盛土材の調達先が未定である。このため、震災復旧による堰堤の嵩上げ等で良質な盛土材の調達が困難な場合、調達できる盛土材の性状を踏まえ、地盤の安定を図ることができるよう必要な対策を講ずるものとする。