

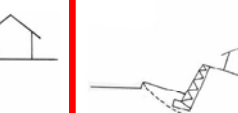
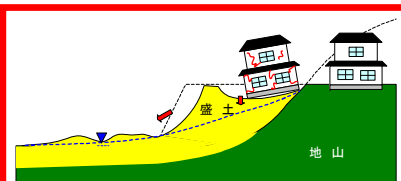
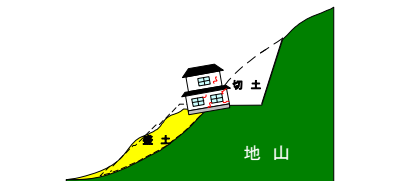
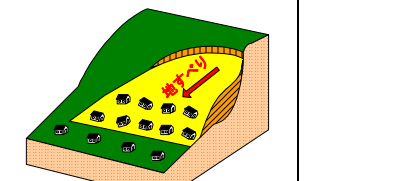
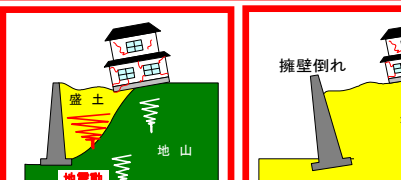
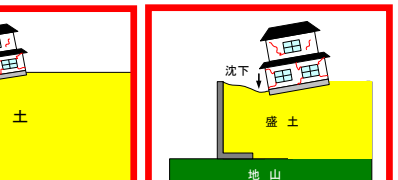
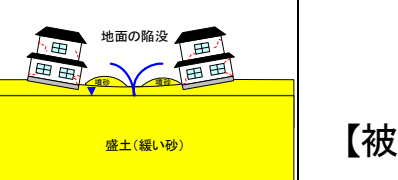



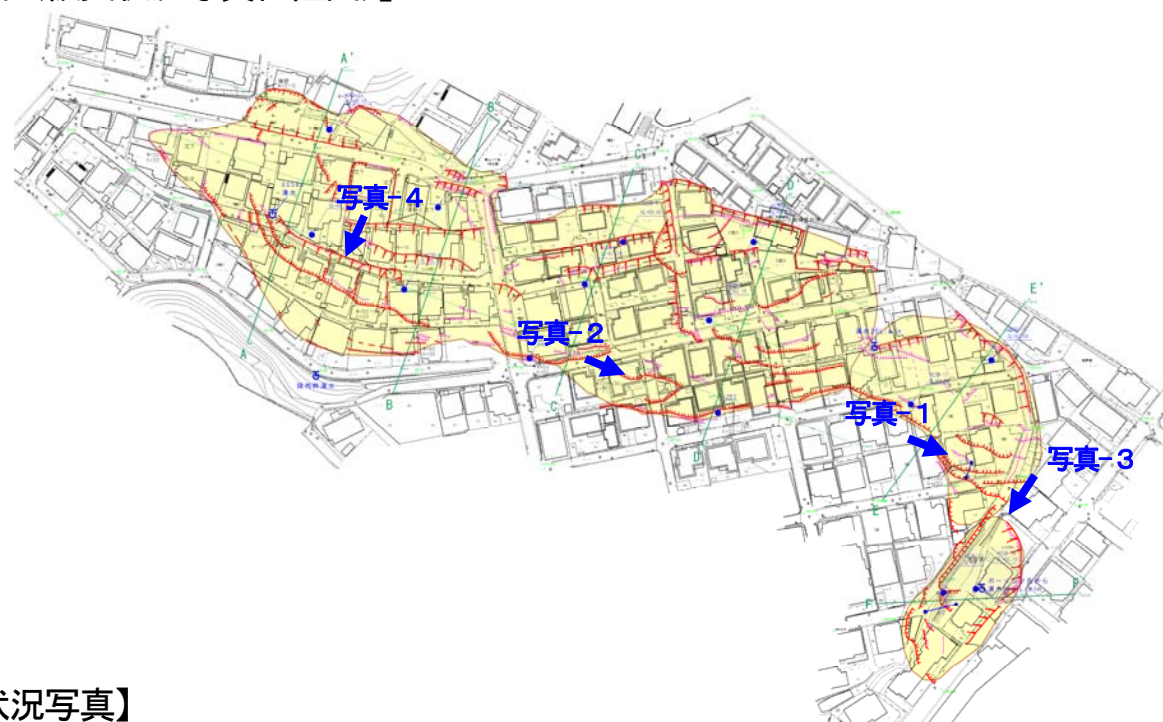






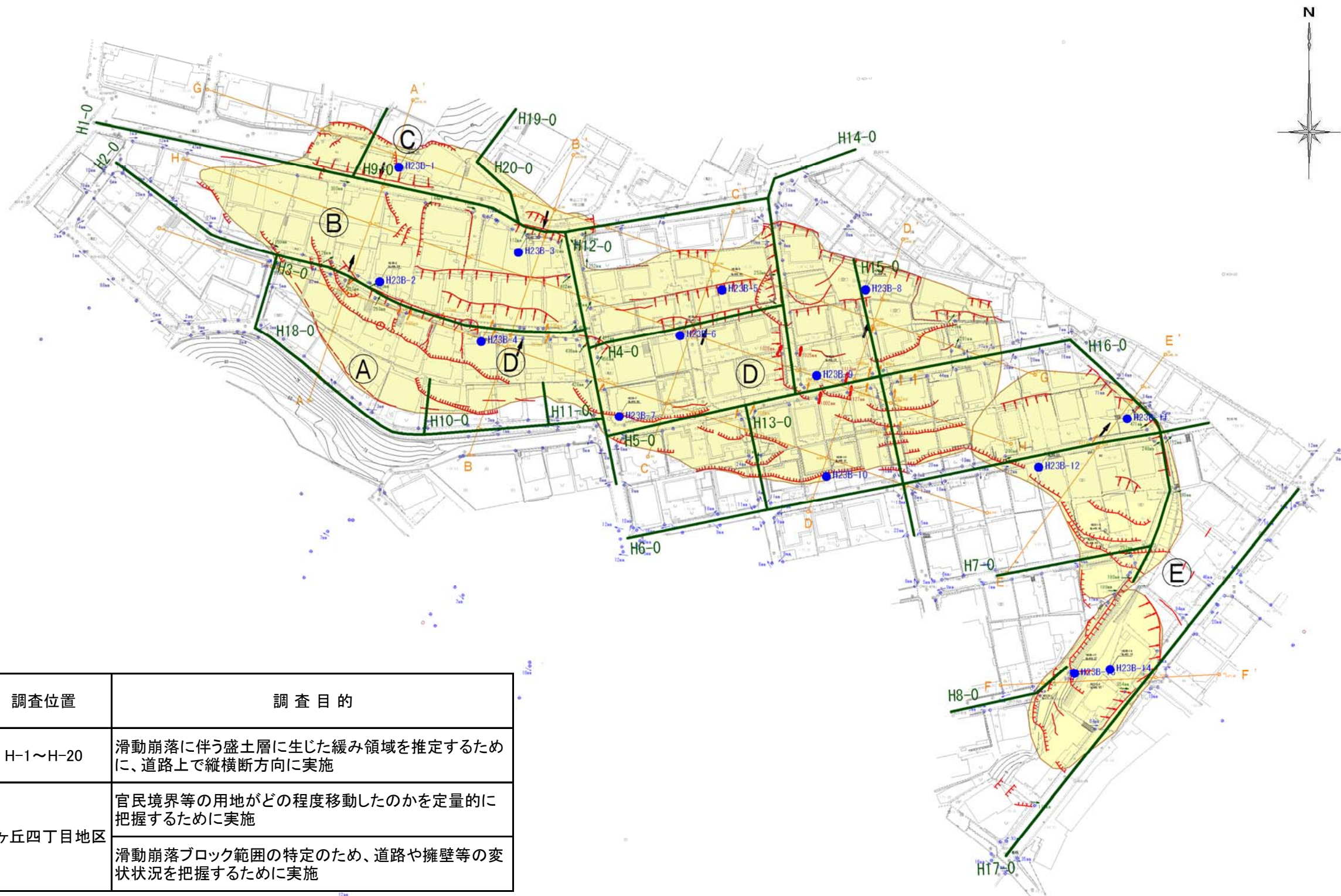
# 「緑ヶ丘四丁目地区」

1. 概要書

区 名	太白区		地区名	緑ヶ丘四丁目	主な街区	2・5・6・20・22・23・24・25・26・27・28・29 番街区の一部
【被害概要】						
被害分類	<div><div> 被災タイプ A</div><div> 被災タイプ B</div><div> 被災タイプ C</div></div>					
被害宅地	面積	約 28,000 m <sup>2</sup>		宅地数	117 宅地	
被害要因	<div><div> ① 谷埋め型盛土に起因</div><div> ② 腹付け型盛土に起因</div><div> ③ 地すべり地形に起因</div><div> ④ 切盛境界に起因</div><div> ⑤ 擁壁の安定性不足に起因</div><div> ⑥ 緩い盛土に起因</div><div> ⑦ 地盤の液状化に起因</div></div>					
【位置図】						
<div><div> 被災地</div><div> 被災地 Yahoo!地図より引用・加筆</div></div>						
【平面図（被災状況写真位置図）】						
 写真-4 写真-2 写真-1 写真-3						
【被災状況写真】						
<div><div> 写真-1</div><div> 写真-2</div><div> 写真-3</div><div> 写真-4</div></div>						



2. 追加調査事項

追加調査項目	表面波探査位置図	
表面波探査 H-1～H20		
重ね図作成		
現地踏査（細部）		
追加調査項目一覧		
H.24年度追加調査項目	調査位置	調査目的
表面波探査	H-1～H-20	滑動崩落に伴う盛土層に生じた緩み領域を推定するために、道路上で縦横断方向に実施
重ね図作成	緑ヶ丘四丁目地区	官民境界等の用地がどの程度移動したのかを定量的に把握するために実施
現地踏査（細部）		滑動崩落ブロック範囲の特定のため、道路や擁壁等の変状状況を把握するために実施

3. 変状メカニズム

H. 23 年度 検討内容

### 3. 変状メカニズム

本地区の変状は、旧谷地形に盛土された地盤が斜面全体に及ぶ「谷埋め盛土」内で発生したもので、長さ 300m、幅 100m 間において、開口亀裂と隆起・圧縮亀裂が多数発生している。

本地区の地形は、西側が閉塞され東側は下方が開放された地形を呈する集水地形となっているほか、基盤を構成する地質も地下水を賦存し、全体に地下水の豊富な地域である。

また、盛土材料はシルト質砂層からなる細粒分の多い土質からなり、 $N=0\sim3$  と「非常にゆるい」相対密度を示す脆弱な地層で、盛土の層厚は 3～7m（平均 5m）と薄い。

これらの調査結果及び今回の地震を考慮すると、本地区の変状メカニズムは以下のように推察される。

今回の地震は震度 5 強と大きく、また、地震動の継続時間が長かったため、盛土部内において過剰間隙水圧が発生し、すべり面が形成された。また、ひな壇上に配置されている擁壁の支持力低下に伴い、斜面の一部で下方への移動及びすべり破壊が発生したと考えられる。

素 因	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位が高い（一部、湧水箇所が点在する）。</li> <li>盛土は <math>N</math> 値 <math>=0\sim3</math> と脆弱である。</li> </ul>
誘 因	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大震度 5 強〔仙台市太白区（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動</li> <li>継続時間が長い地震動</li> </ul>

変状発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土内部または盛土と基盤層を境界とした盛土の移動・すべり状の変形が発生。</li> <li>大きな地震動で長時間揺すられたため、盛土自体の圧縮沈下が発生。</li> </ul>
------	---

当該地の変状は広範囲に及んでいるため、概ね次の 2 通りの機構が想定される。

- ◆ 地形的に閉塞された西側区域内において、盛土が沢部に向かって移動あるいは圧縮沈下による変形。

開口亀裂と圧縮・隆起がセットとなっている区域での、円弧すべり状の変形。

A-A' 測線、B-B' 測線の一部

- ◆ 地形的に末端が開放され、頭部の開口亀裂と末端の圧縮・隆起が認められる部分での盛土内すべり変形。

B-B' ～F-F' 測線

H. 24 年度 検討内容

4. 変状メカニズム

（概 括）

本地区の変状は、旧谷地形に盛土された地盤が斜面全体に及ぶ「谷埋め盛土」内で発生したもので、長さ 300m、幅 100m 間において、開口亀裂と隆起・圧縮亀裂が多数発生している。

本地区の地形は、西側が閉塞され東側は下方が開放された地形を呈する集水地形となっているほか、基盤を構成する地質も地下水を賦存し、全体に地下水の豊富な地域である。

また、盛土材料はシルト質砂層からなる細粒分の多い土質からなり、 $N=0\sim3$  と「非常にゆるい」相対密度を示す脆弱な地層で、盛土の層厚は 3～7m（平均 5m）と薄い。

これらの調査結果及び今回の地震を考慮すると、本地区の変状メカニズムは以下のように推察される。

今回の地震は震度 5 強と大きく、また、地震動の継続時間が長かったため、盛土部内において過剰間隙水圧が発生し、地下水位の高い B、D ブロックでは液状化に近い現象となり、すべり面が形成された。また、ひな壇上に配置されている擁壁の支持力低下に伴い、斜面の一部で下方への移動及びすべり破壊が発生したと考えられる。

素 因	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位が高い（一部、湧水箇所が点在する）。</li> <li>盛土は <math>N</math> 値 <math>=0\sim3</math> と脆弱である。</li> </ul>
誘 因	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大震度 5 強〔仙台市太白区（2011 年 3 月 11 日発生）〕の地震動</li> <li>継続時間が長い地震動</li> </ul>

変状発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土内部または盛土と基盤層を境界とした盛土の移動・すべり状の変形が発生。<b>部分的にすべり面が浅くなっている。</b></li> <li>大きな地震動で長時間揺すられたため、盛土自体の圧縮沈下が発生。</li> </ul>
------	---

（ブロック毎の特徴）

当該地の変状は広範囲に及んでいるため、変動状況から概ね A～E の 5 ブロックに区分でき、以下のような特徴がある。

- ◆ A、C ブロックは、当該地の縁辺部の切盛境界部に位置する。  
地下水位は低く、比較的狭い範囲の変形で盛土地盤（宅地）は原形を留め、小さい規模の変状となっている。

A-A' 測線

- ◆ B ブロックは、A、C ブロックに囲まれ東側が開放された比較的緩やかな地形形状を呈する。  
全体に地下水位が高く常時湿潤状態にあり、圧縮沈下と共に、頭部の亀裂と末端の圧縮亀裂が認められ、斜面下方（東側）へのすべり変形が認められる。

H-H' 測線

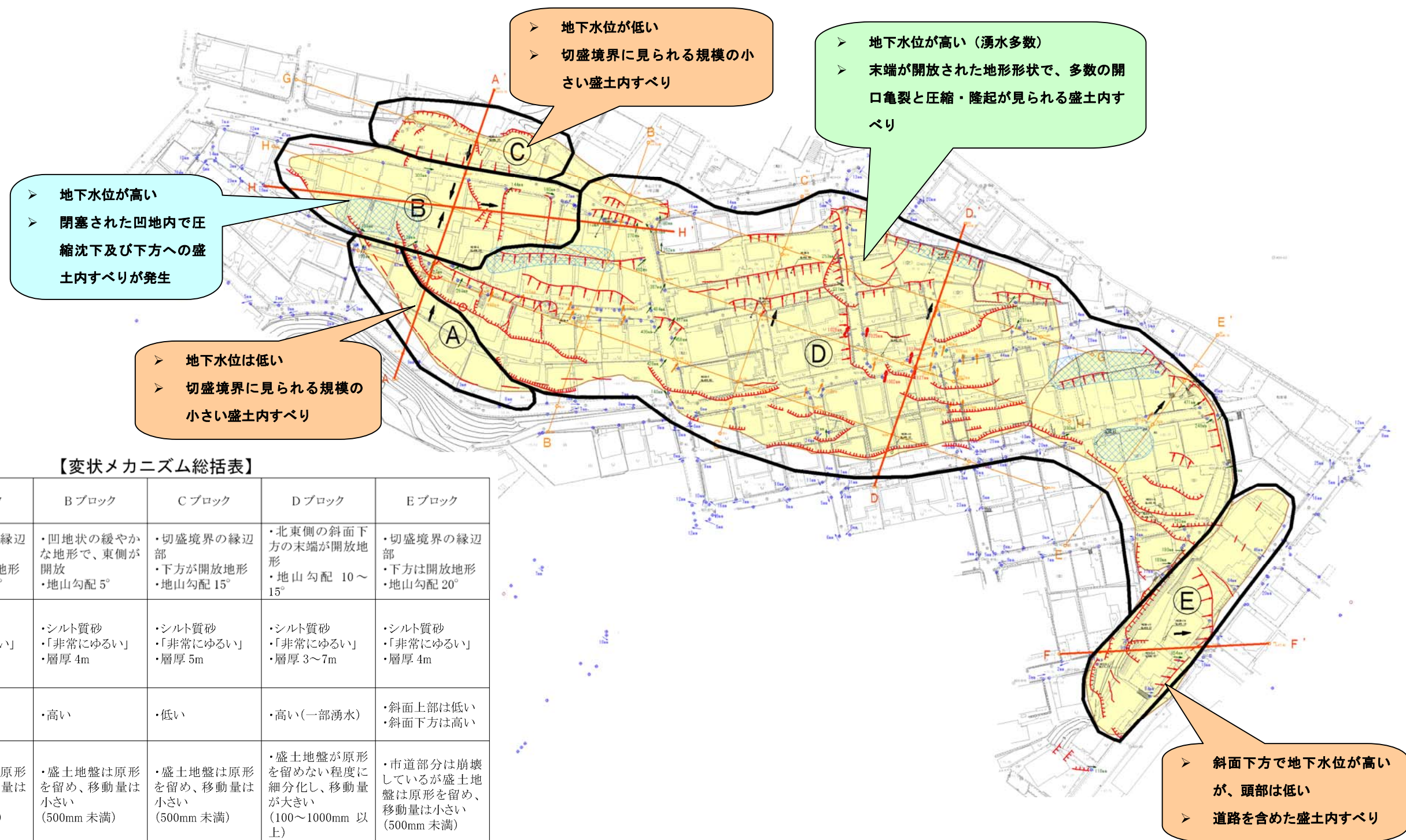
- ◆ D ブロックは、地山が  $10\sim15^\circ$  で傾斜し末端が開放された地形形状を呈する。  
頭部の開口亀裂と末端の圧縮・隆起が多数見られ、地下水位が全体的に高く盛土全体が湿潤状態であり一部で湧水も認められる。  
盛土地盤は原形を留めない程度に細分化され、液状化に近い流動的な変形が生じたものと推定される。当該地で最も大きな変形の現われたブロックである。

D-D' 測線

- ◆ E ブロックは、末端が開放された地形形状を呈する。  
頭部の道路部分では崩壊しているが、末端の住宅地では圧縮・隆起が認められ、盛土内すべりが発生している。

F-F' 測線





【変状メカニズム総括表】

		Aブロック	Bブロック	Cブロック	Dブロック	Eブロック
特 徴	地形形状	・切盛境界の縁辺部 ・下方が開放地形 ・地山勾配 30°	・凹地状の緩やかな地形で、東側が開放 ・地山勾配 5°	・切盛境界の縁辺部 ・下方が開放地形 ・地山勾配 15°	・北東側の斜面下方の末端が開放地形 ・地山勾配 10～15°	・切盛境界の縁辺部 ・下方は開放地形 ・地山勾配 20°
	盛土材料の性状	・シルト質砂 ・「非常にゆるい」 ・層厚 5m	・シルト質砂 ・「非常にゆるい」 ・層厚 4m	・シルト質砂 ・「非常にゆるい」 ・層厚 5m	・シルト質砂 ・「非常にゆるい」 ・層厚 3～7m	・シルト質砂 ・「非常にゆるい」 ・層厚 4m
	地下水位	・低い	・高い	・低い	・高い（一部湧水）	・斜面上部は低い ・斜面下方は高い
	地盤変位	・盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい（500mm 未満）	・盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい（500mm 未満）	・盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい（500mm 未満）	・盛土地盤が原形を留めない程度に細分化し、移動量が大い（100～1000mm 以上）	・市道部分は崩壊しているが盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい（500mm 未満）
総括		盛土地盤は原形を留め、変状範囲が狭く規模も小さい。宅地の下方が開放した地形形状となっているため、盛土内のすべり変形が生じたものである。	地下水位が高く緩い盛土地盤であり、液状化に近い現象が生じたものであるが、地形的に閉塞された区域であり、地山が東側に緩い勾配（5°程度）呈しているため、圧縮沈下による変形及び斜面下方へのすべり変形が生じている。	盛土地盤は原形を留め、変状範囲が狭く規模も小さい。宅地の下方が開放した地形形状となっているため、盛土内のすべり変形が生じたものである。	当該地で最も広範囲に及ぶ変状が見られ、移動量も概ね 1m 程度となっている。盛土地盤の N 値が低く地下水も高く、液状化に近い現象を示し、極めて不安定な地盤である。地山勾配が 10～15° で傾斜し、斜面末端が開放されており、盛土内のすべり変形が生じたものである。	頭部の市道部分で一部崩壊が見られるが、大部分の盛土地盤は原形を留める。斜面末端部で地下水が高いが上部は低く、盛土内のすべり変形が生じたものである。

【ブロック区分図】

## 4. 技術専門委員会委員との協議内容

- ・平成 24 年 5 月 25 日の技術専門委員会以降、各委員から、対策工を計画する上で、変状メカニズムや対策方針について、ご意見をいただいた。  
主な委員の意見および市の対応方針は、以下に示すとおり。

No.	委員の意見	対応方針
1	当地区は、地下水位の高い範囲が広い。地下水を下げないことには安全性を確保できない。 地下水対策として、集水井や密に暗渠を設置する必要がある。その場合、全体的に更地にして排水工事を行わないと対策効果は期待できない。	ご意見を踏まえ、B、D ブロックについては、現地再建が難しいと判断し、集団移転対象区域にする。
2	当地区は、地下水位が非常に高く、土質の脆弱な地区であり、盛土内の排水対策が重要である。 B ブロックは、全体的に地下水位が高く、湧水も見られ、常時湿潤状態にあることから、排水対策には限界があり、現地再建にはリスクがある。	
3	A、C、E ブロックは、当地区の縁辺部の切盛境界部にあり、地下水位が低く、比較的狭い範囲の変形であることから、抑止工などの対策を講じれば、宅地の適切性は確保できる。 ただし、対策工については、抑止工だけでなく、水抜き工についても考慮すること。	A、C、E ブロックについては、地下水排除工（横ボーリング工や暗渠工等）を計画する。
4	各ブロックの抑止対策の検討においては、周囲のブロックへの影響についても配慮すること。	A ブロックと D ブロックの境界部において、D ブロックが動いた場合の A ブロックへの影響を考慮し、A ブロックの抑止対策として小口止め工を追加する。 他のブロックについても、ご意見を踏まえ、今後、詳細を検討する。
5	ブロック区分については、被害程度で区分するなど、表現を工夫し、わかりやすい資料を作成すること。	表現を工夫し、資料を作成する。



# 【変状メカニズムおよび宅地の評価】

		Aブロック		Bブロック		Cブロック		Dブロック		Eブロック	
特 徴	地形形状	・ 切盛境界の縁辺部 ・ 下方が開放地形 ・ 地山勾配 30°		・ 凹地状の低部にあり、集水地形 ・ 東側が開放地形 ・ 地山勾配 5°		・ 切盛境界の縁辺部 ・ 下方が開放地形 ・ 地山勾配 15°		・ 北東側の斜面下方の末端が開放地形 ・ 地山勾配 10～15°		・ 切盛境界の縁辺部 ・ 下方は開放地形 ・ 地山勾配 20°	
	盛土材料の性状	・ シルト質砂 ・ N=3「非常にゆるい」 ・ 層厚 5m		・ シルト質砂 ・ N=4「非常にゆるい」 ・ 層厚 4m		・ シルト質砂 ・ N=3「非常にゆるい」 ・ 層厚 5m		・ シルト質砂 ・ N=0～3、(平均 N=1.6)「非常にゆるい」 ・ 層厚 3～7m		・ シルト質砂 ・ N=1～4 (平均 N=2.5)「非常にゆるい」 ・ 層厚 4m	
	地下水位	・ 低い		・ 高い ・ 常時湿潤状態で一部湧水		・ 低い		・ 高い ・ 常時湿潤状態で一部湧水		・ 斜面上部は低い ・ 斜面下方は高い	
	地盤変位	・ 盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい (500mm 未満)		・ 盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい (500mm 未満)		・ 盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい (500mm 未満)		・ 盛土地盤が原形を留めない程度に細分化し、移動量が多い (100～1000mm 以上)		・ 市道部分は崩壊しているが盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい (500mm 未満)	
評 価		○	現地再建可能である	×	現地再建は困難である	○	現地再建は可能である	×	現地再建が困難である	○	現地再建が可能である
		● 地下水位が低く、盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい。変状範囲が狭く規模も小さいため、抑止工により盛土(宅地)の安定は確保できる。 ● 宅地としては、適格と判断する。		● 地下水位が高く、一部湧水も見られる。緩い盛土地盤であり、液状化に近い現象(沈下)と共に、斜面下方へのすべり変形が認められる。 ● 地下水低下工による排水効果が期待できないため、盛土地盤の強度向上も不確実である。よって、宅地地盤としての品質確保は期待できないため、不適格と判断する。 ● 別途、すべり変形対策が必要。		● 地下水位が低く、盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい。変状範囲が狭く規模も小さいため、抑止工により盛土(宅地)の安定は確保できる。 ● 宅地としては、適格と判断する。		● 広範囲に及ぶ変状が見られ、地下水位も高く、一部湧水も見られる。盛土地盤は液状化に近い現象を示し、極めて不安定な地盤である。 ● 地下水低下工による排水効果が期待できないため、盛土地盤の強度向上も不確実である。よって、宅地地盤としての品質確保は期待できないため、不適格と判断する。 ● 別途、すべり変形対策が必要。		● 地下水位が低く、盛土地盤は原形を留め、移動量は小さい。変状範囲が狭く規模も小さいため、抑止工により盛土(宅地)の安定は確保できる。 ● 宅地としては、適格と判断する。	
宅地としての適切性		適		不適		適		不適		適	



被害軽微な区域  
現地再建が可能

被害甚大の区域  
現地再建が困難

被害甚大な区域  
現地再建が困難

被害軽微な区域  
現地再建が可能

移動原点-2

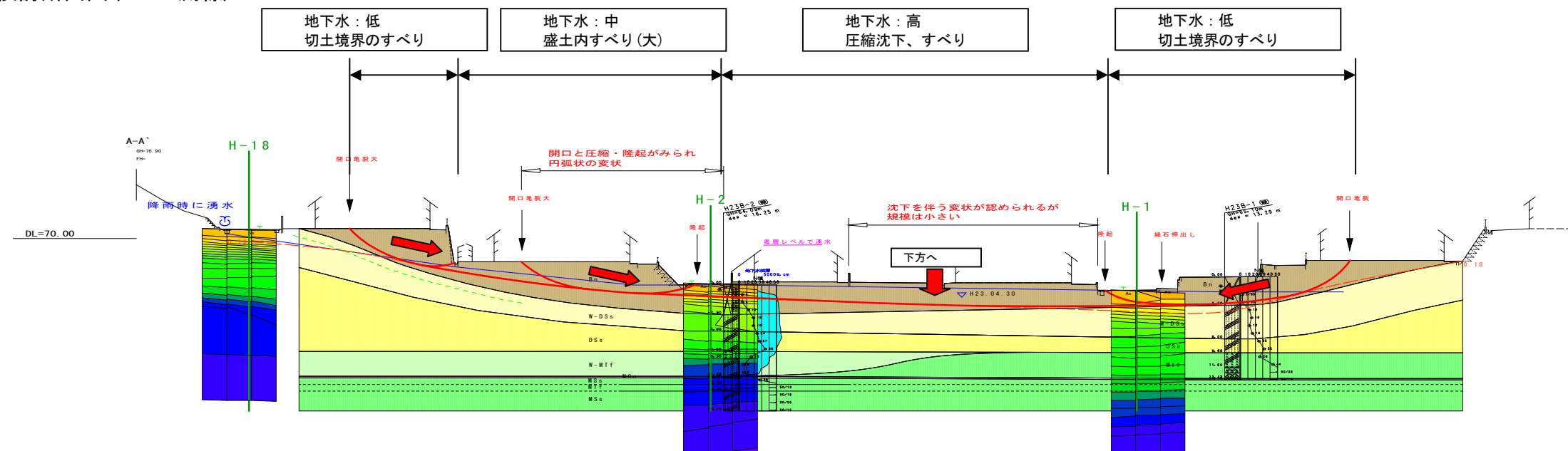
0 10 20 30 40 50 (m)

凡 例

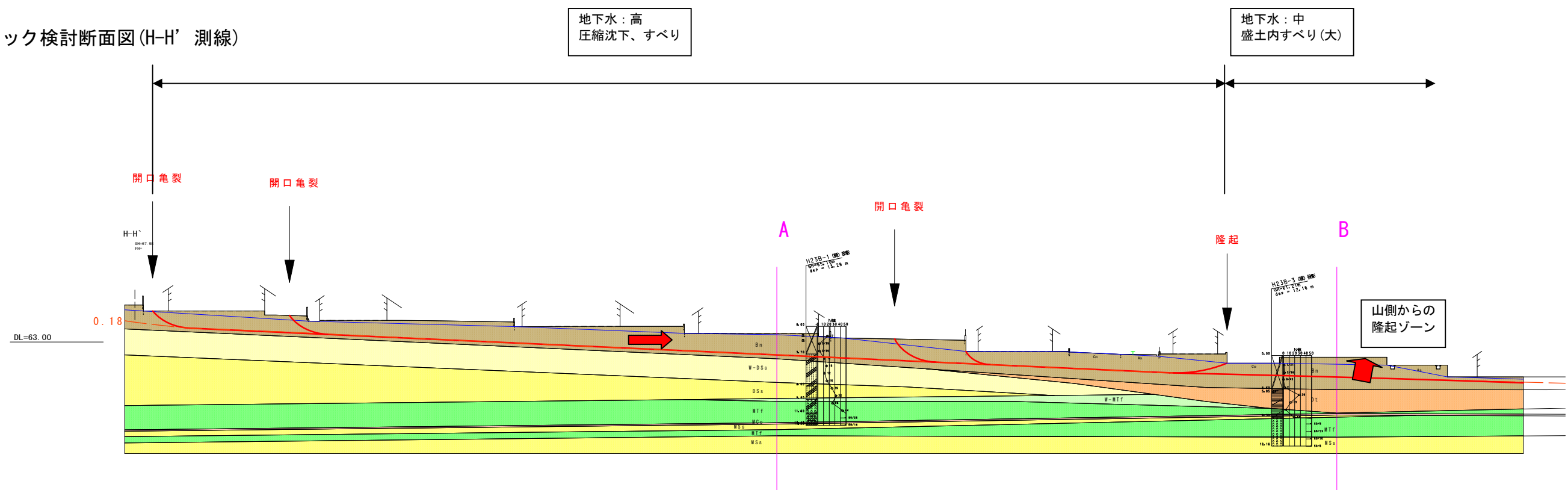
被害甚大	被害大	被害軽微	道路	湧水	ブロック区分
------	-----	------	----	----	--------



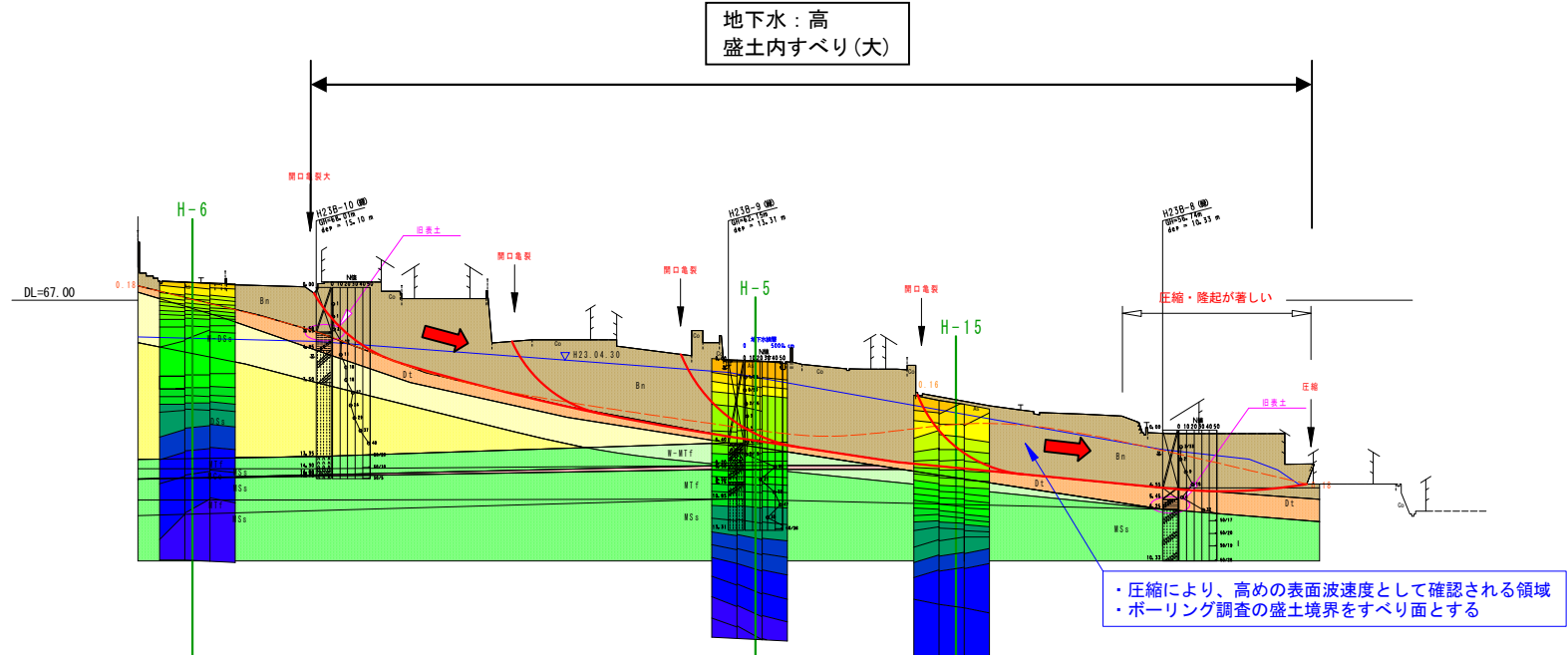
A、Cブロック検討断面図 (A-A' 測線)



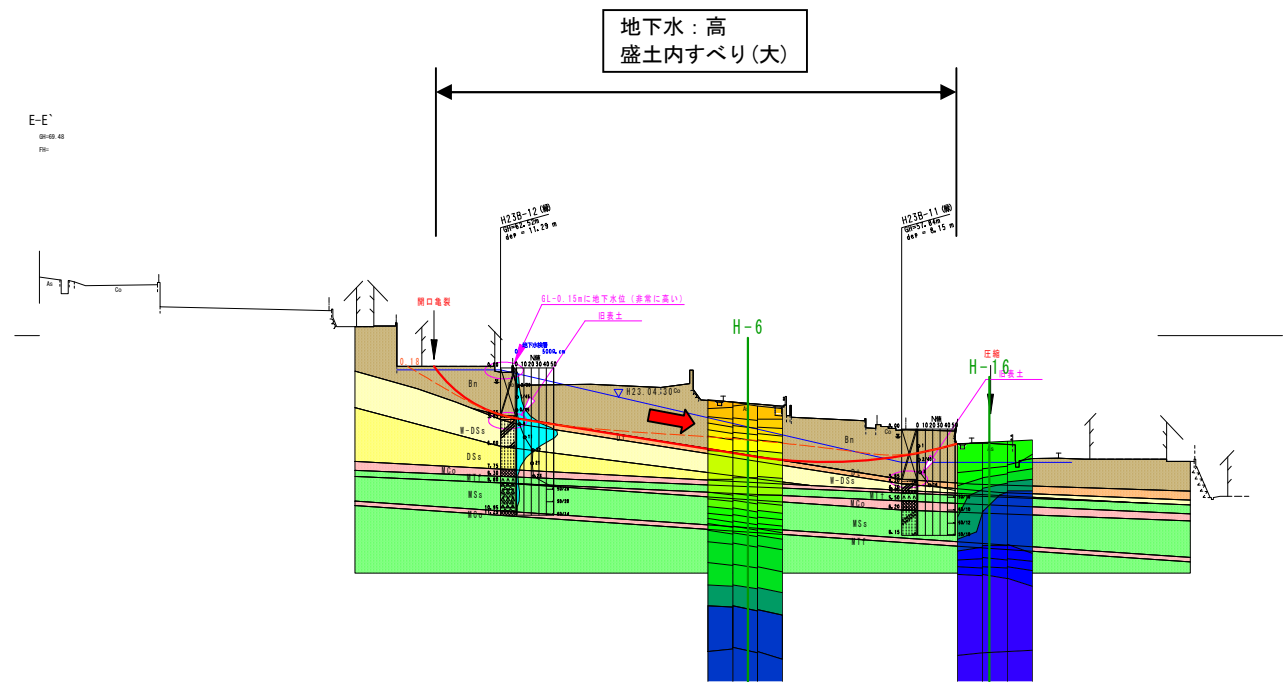
Bブロック検討断面図 (H-H' 測線)



D ブロック検討断面図 (D-D' 測線)



E ブロック検討断面図 (F-F' 測線)





# 5. 対策方針

本地区の対策方針は、現地再建対象区域と集団移転対象区域に分けて考える。

## ○現地再建対象区域

地下水位が比較的低い A、C および E ブロックは、抑止効果の高い抑止杭工またはアンカー工を基本とし、さらに地下水位の上昇に対しては地下水排除工の採用が考えられる。

## ○集団移転対象区域

B、D ブロックは全体に地下水位が高く、極めて緩い地盤状況であることから、当該ブロックについては、周辺宅地（主に下方の宅地）への土砂流出防止を目的とした盛土すべり対策を講じる必要がある。対策工としては、固結工等による抑止工を主体とし、補助工法として暗渠工等を併用することが考えられる。

### 【解説】

上記選定結果に至った理由を説明する。

## ○現地再建対象区域

切盛境界付近に位置する A、C および E ブロックは、地下水位が比較的低く変状範囲も狭いことから、抑止工により、宅地地盤の安定を確保出来ると考えられる。施工条件等から、杭工、アンカー工が適用工法として挙げられる。また、地下水位の上昇に対して、横ボーリング工等の併用が考えられる。

## ○集団移転対象区域

B、D ブロックは、地盤調査結果から盛土厚さは 3～7m であり、地下水位は地表面下 1.0m 以内の浅層水が広い範囲に分布している。また、盛土の N 値は 0～3 程度と極めて脆弱である。このように当ブロックは地下水が地形的に周囲から集まりやすく、排水しにくい地盤であるため、今回の地震により過剰間隙水圧の発生に伴い液状化に近い現象となり、大きなせん断変形を起こし土の残留強さが小さくなっているものと判断される。

このような土のせん断強さの回復には、地下水が低下された場合でも数年はかかるため、軽微な地震や余震などにより、盛土内すべり破壊および沈下等の現象が引き続き発生する可能性も高い。

当該ブロックについては、周辺宅地（主に下方の宅地）への土砂流出防止を目的とした盛土すべり対策を講じる必要がある。対策工としては、固結工等による抑止工を主体とし、補助工法として暗渠工等を併用することが考えられる。

なお、対策工としては、「宅地耐震工法選定ガイドライン&解説」に示された対策工法を基本に比較検討により選定を行なう。「盛土内の地すべり変形」に適する対策として、以下の工法が挙げられる。

◆ 盛土内の地すべり変形：抑止杭工・アンカー工・固結工、抑制工（地下水低下）等

具体的には、各ブロック毎に以下のように考える。

### ① A、C、E ブロック（現地再建対象区域）

A ブロックおよび C ブロックの一部には、高さ 5m 程度の擁壁が存在するが、住宅との離隔が少ないため、杭工の施工が難しい。したがって、擁壁の安定を兼ねたアンカー工の採用が考えられる。

C ブロックの一部および E ブロックの変状規模が小さいため、施工性の良い杭工が考えられる。

なお、これらブロックの地下水位は、現状では比較的低くなっているが、地形および地質的に上昇する可能性があるため、補助工法として横ボーリング工等を併用する。

### ② B ブロック（集団移転対象区域）

斜面下方へのすべり変形を固結工により抑止する。また、地下水位が高いため暗渠工による地下水低下工を併用する。

### ③ D ブロック（集団移転対象区域）

当ブロックの下方には、住宅が密集しているため、盛土全体の地すべり対策（滑動崩落対策）を念頭に検討する。また、恒常的に地下水位が高く、盛土内すべり変形の著しいブロックであり、ブロック内では細分化されたすべりが多数存在している。

ブロック全体の滑動崩落（盛土内すべり）は、すべり規模から抑止工により対応が可能である、地盤が地下水により軟弱化しており、杭工の場合、土塊のすり抜け（中抜け）が生じるため採用が難しい。

したがって、面的に対応が可能で施工性の良い固結工が効果的である。また、地下水の多いブロックであることから、暗渠工による地下水低下工法を併用する。

なお、対策工配置は被災宅地を考慮した配置としている。

## 【宅地耐震工法選定表】

被害形態		盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり変形 (盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む)	
危険要因		地下水位が高い、盛土下に不安定な土層が堆積、盛土の締固め不足	
盛土の種類		谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分 類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	すべり抵抗増加
	抑止工	固結工	不安定な土層の強度の増加
		グラウンドアンカー工 [地盤補強・擁壁補強]、鉄筋挿入工 [擁壁補強]	緊張力の付加によるすべり抵抗増加及び不安定な擁壁の補強
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗による地すべり抵抗の増加
		矢板工	矢板の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加

# 参 考 資 料

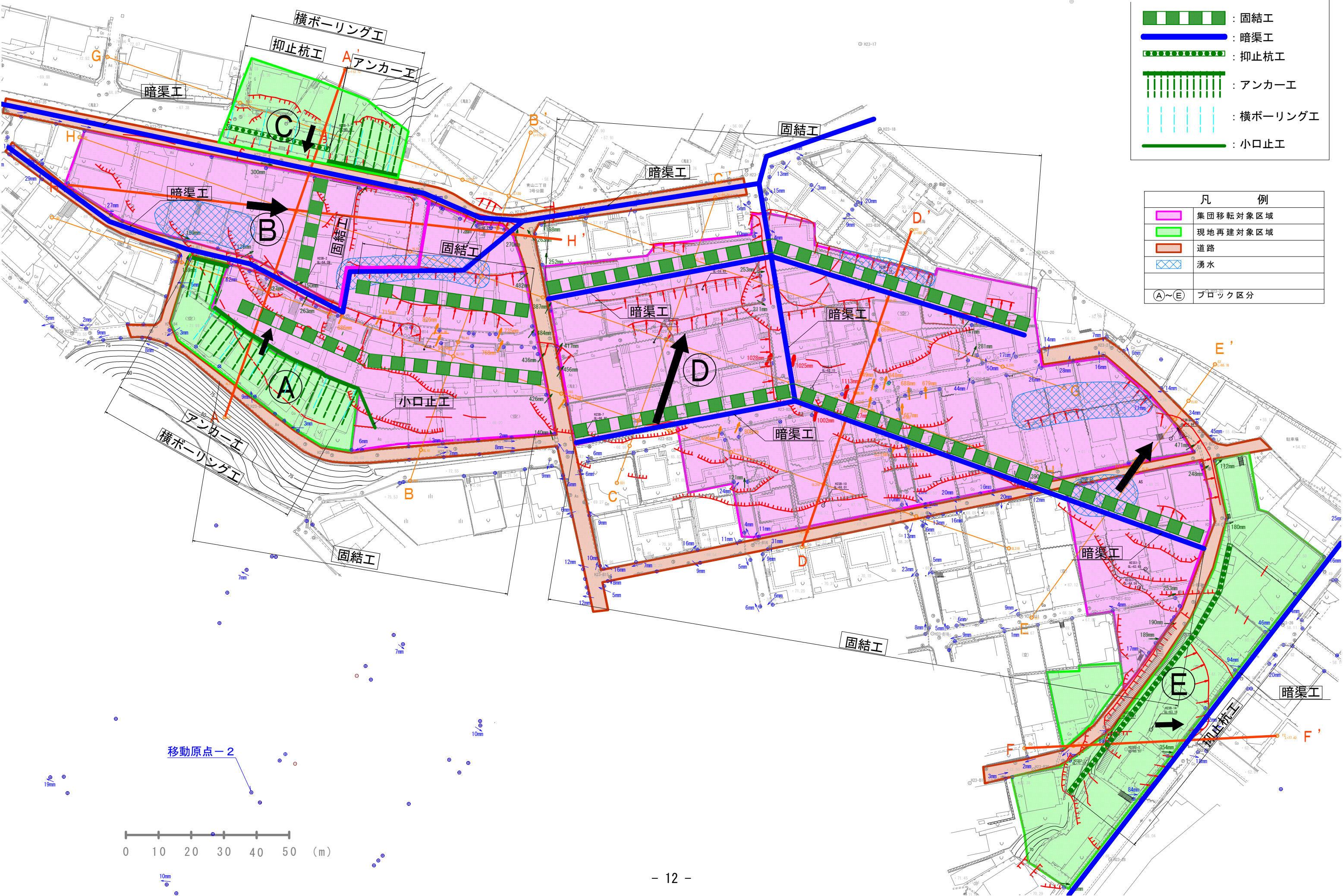


# 【対策工平面図（案）】

対策工凡例

- 固結工
- 暗渠工
- 抑止杭工
- アンカー工
- 横ボーリング工
- 小口止工

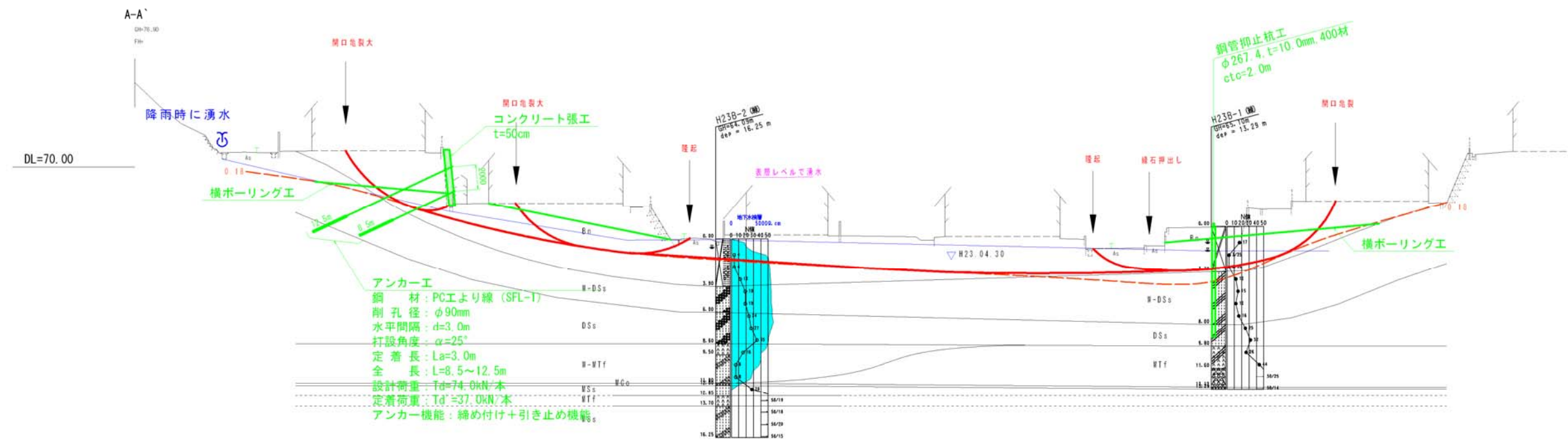
凡 例	
（ピンク色塗り）	集団移転対象区域
（緑色塗り）	現地再建対象区域
（茶色線）	道路
（青格子線）	湧水
（A～E）	ブロック区分



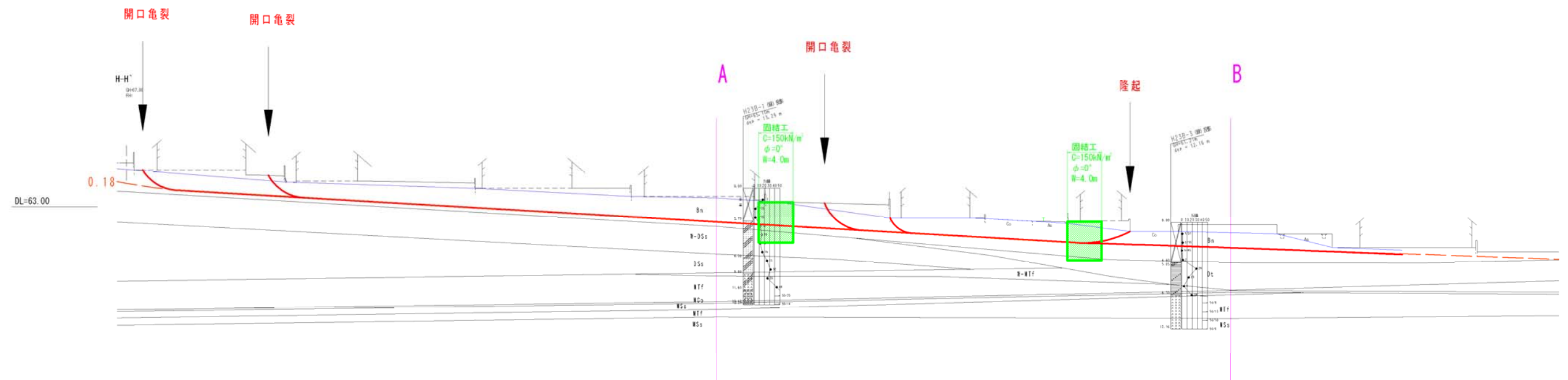


## 【対策工断面図】

A, C ブロック 検討断面図 (A-A' 測線)

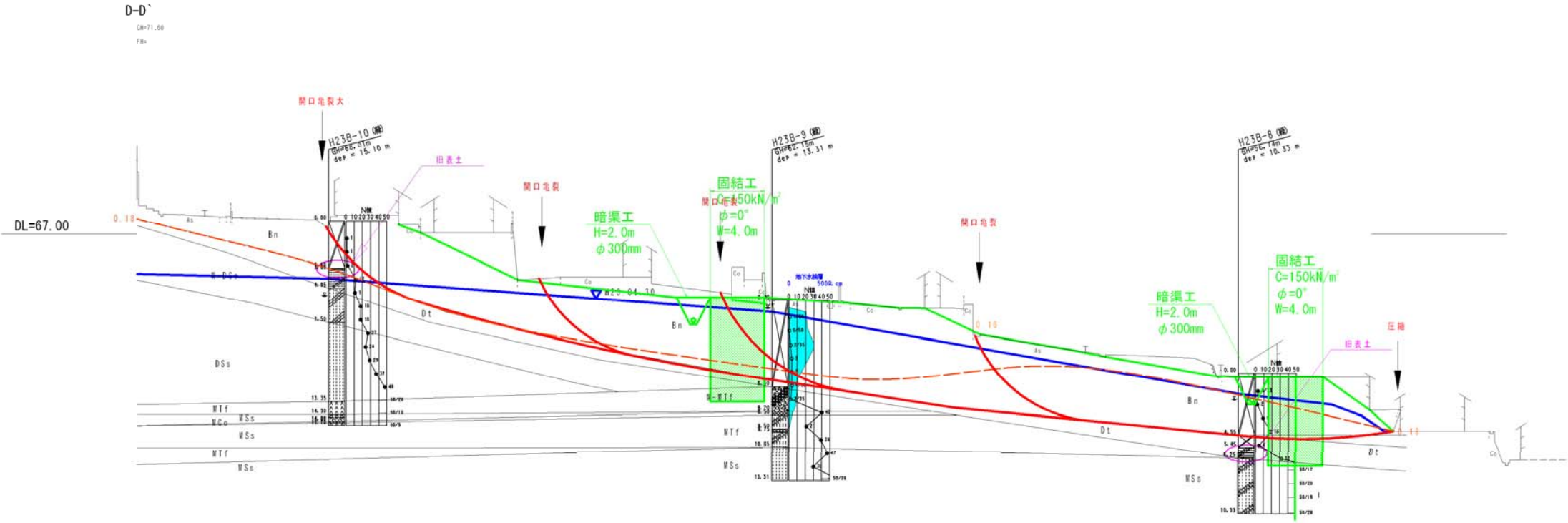


B ブロック 検討断面図 (H-H' 測線)

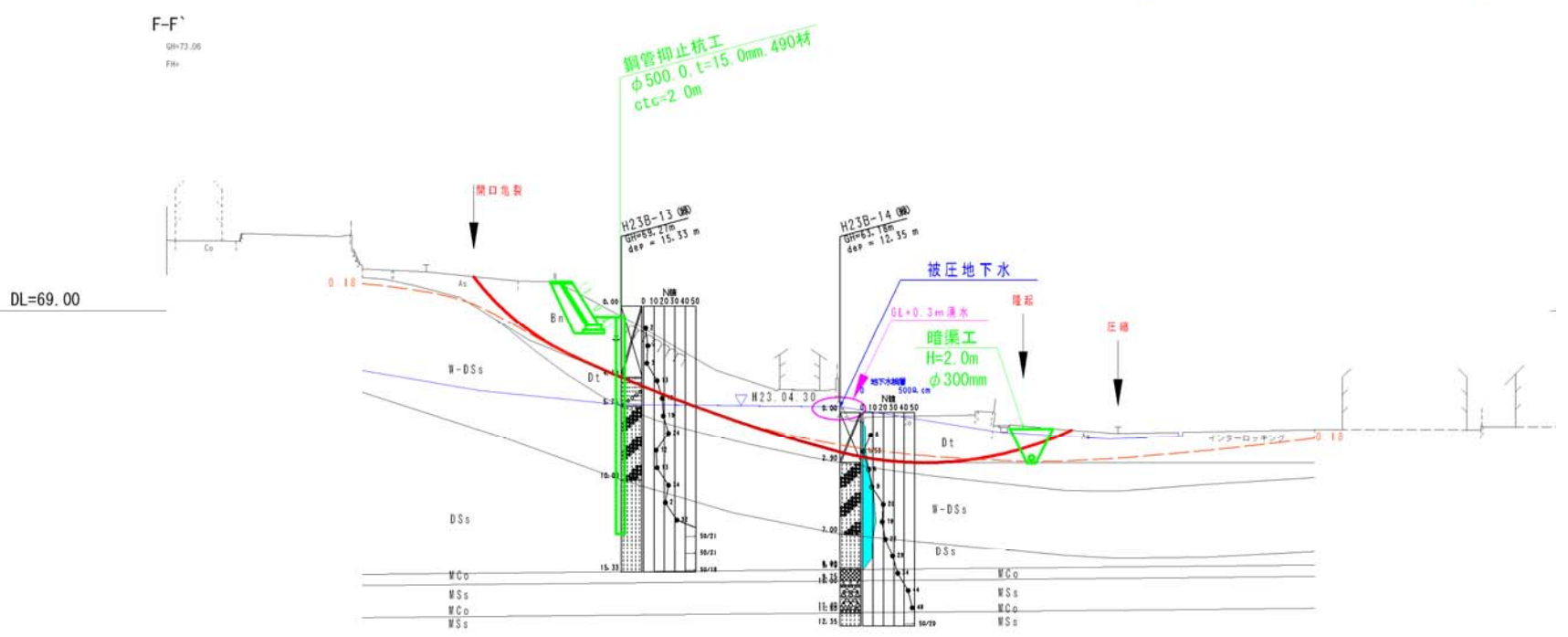




D ブロック 検討断面図 (D-D' 測線)



E ブロック 検討断面図 (F-F' 測線)

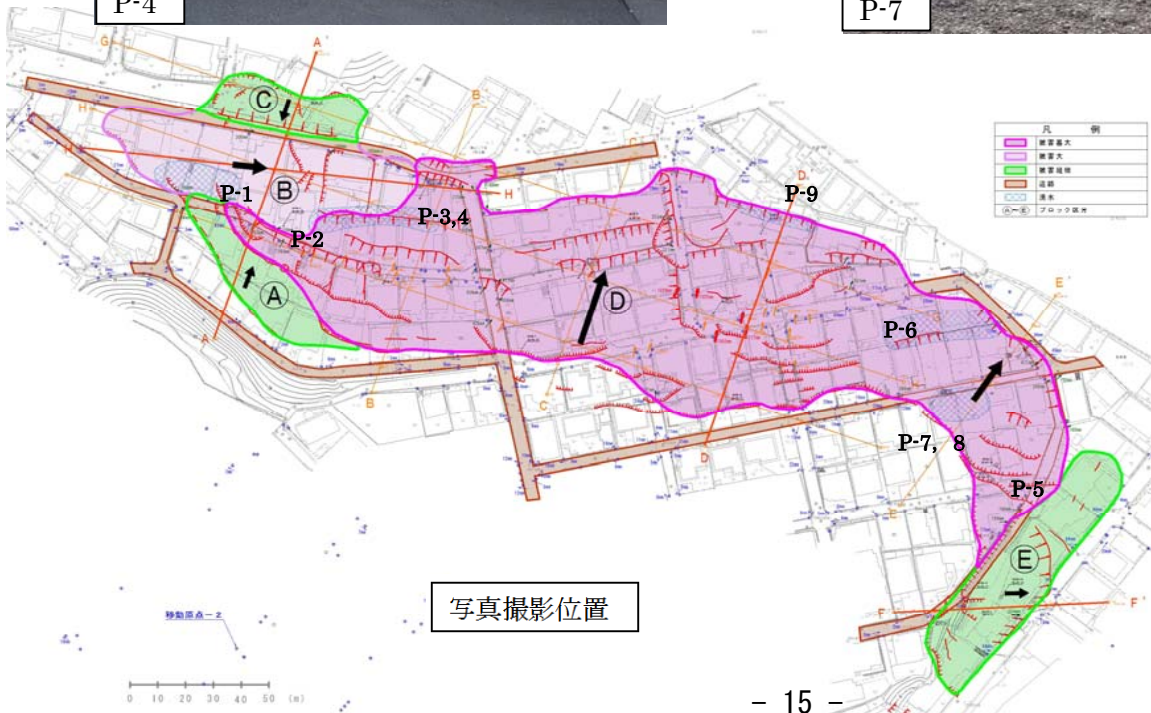
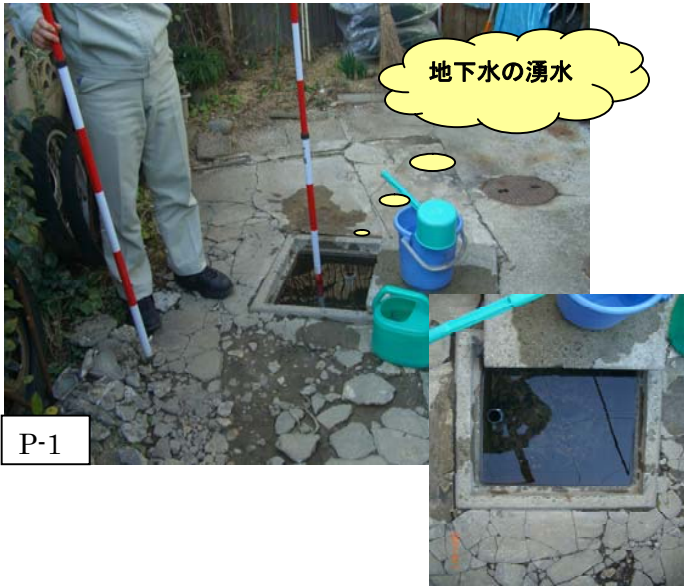




集団移転対象区域

【B ブロック被災状況写真】

- 地下水は地表面下 1.0m 以浅と全体に高く、一部で湧水も認められる。
- 現宅地、旧地形とも緩やかに傾斜し、圧縮沈下と共に東側へのすべり変形が認められる。

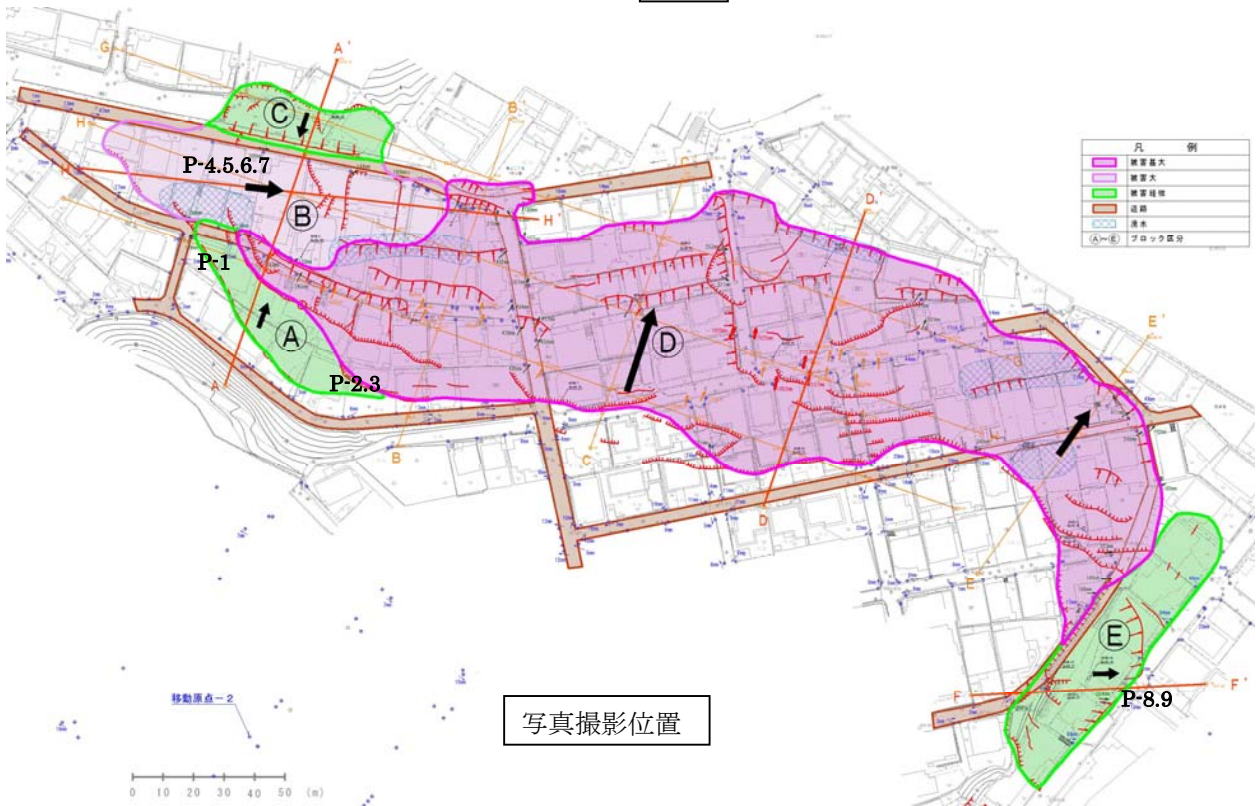




現地再建対象区域

【A ブロック被災状況写真】

- ブロック下方の土留め擁壁に変状が認められるが原形を留めており軽微な変状である。



【C ブロック被災状況写真】

- 土留め用壁および市道に亀裂が見られるが、原形を留めており軽微な変状である。



【E ブロック被災状況写真】

- 市道の一部が崩壊しているが、下方斜面の盛土から宅地地盤は原形を留めている。

