第10回熊本市液状化対策技術検討委員会
説明資料
【秋津町秋田地区】

熊本市

令和元年11月8日

議事(1)　前回までの確認事項

議事(2)　流動化対策工の検討

報告(1)　動態観測について

前回までの確認事項

	指摘事項	報告事項
①As層の取扱い	・As層は火山灰質であるか。 解析への影響はないか。	・火山灰（ヨナ）を含む土砂が堆積したものであるが、軽石の混入は少なく、物理特性は一般的な沖積砂質土の傾向を示す。 ・サンプリング試料を用いた試験結果から解析定数を設定しているため、再現解析への影響はないと考える。
②地層構造について	・断面図の縦横断で地層構造の整合が取れているか。	・秋津町秋田地区内の地質構造を、三次元地盤モデルとして整理したため、三次元的な整合が取れている。
③As2層の液状化特性	・補足調査を踏まえ、As2層の特性の変更はあるか。複数の断面で解析を行う必要はないか。	・補足調査から、As2層の分布範囲及び、液状化特性は、これまでの想定と同等であった。 ・解析に用いた5-5’断面は、As2層を含む液状化層厚が最大で、液状化による変形が最も懸念される断面である。
④地下水観測について	・As2層の水位観測データはないか。	・補足調査と同時に、As2層を対象とした水位観測孔を設置した。 ・As2層の水位は、As1層と同様の水位を示す。

As層の取扱いについて

- 本地域に分布するする砂質土は、阿蘇の火山活動により噴出した火山灰（ヨナ）を含む土砂が堆積したものである。
- しかし、物理特性は、一般的な沖積砂質土と差異はなく、顕微鏡観察でも軽石の混入は多くなかった。
- また、力学特性は、サンプリング試料を用いた試験結果で確認している。
- これらから設定した解析定数は、本地域の土質の性状を表現しており、この値を用いて対策工の検討を行っている。

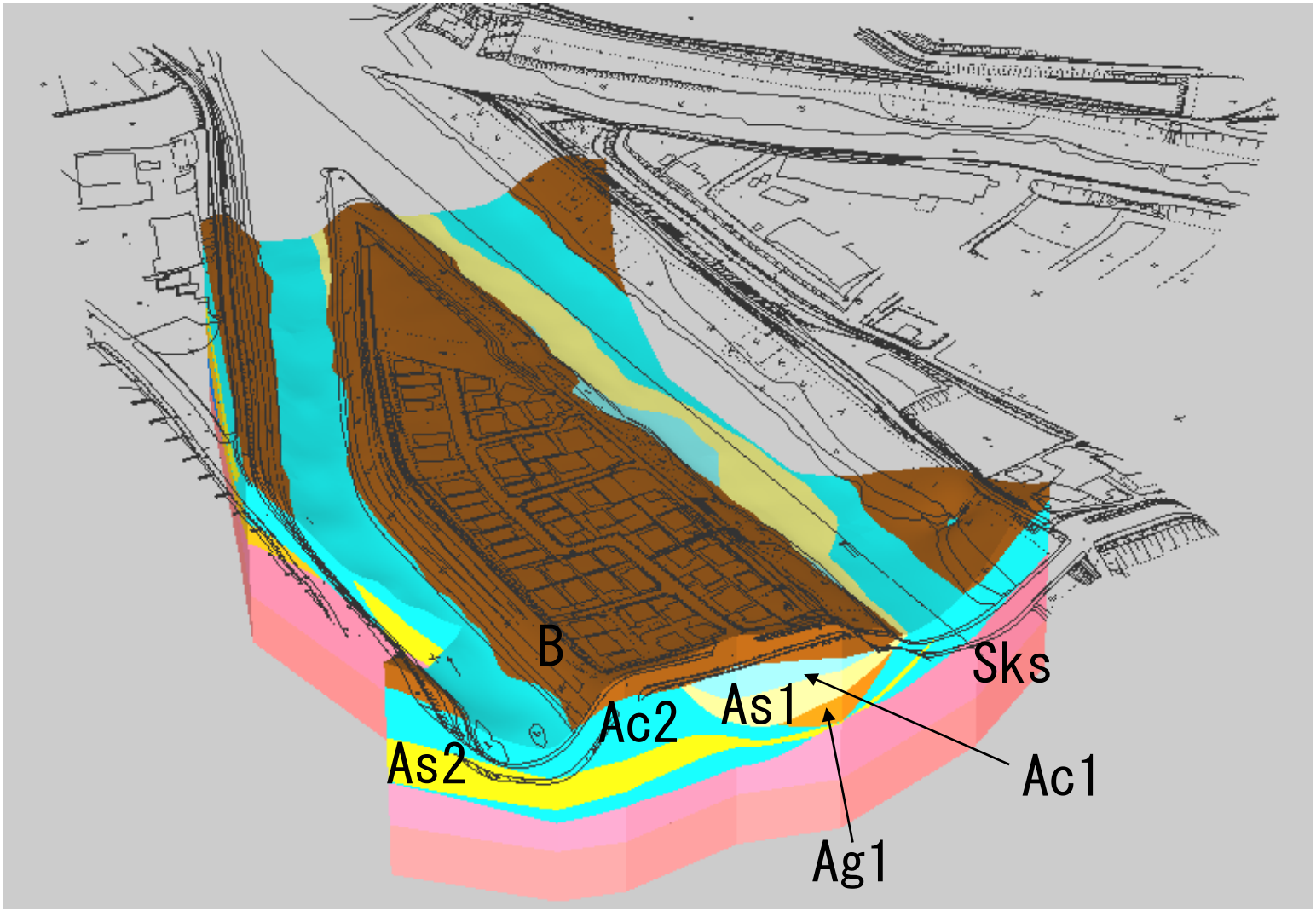
砂質土の物性値

		As1層	As2層	ヨナ	沖積砂質土（参考）
土粒子の密度	g/cm^3	2.726	2.697	2.65～2.75	2.6～2.8

※ヨナの値は、「九州・沖縄の特殊土」から引用
※沖積砂質土の値は、1本のサンプリング試料，地盤工学会から引用
※As1層及びAs2層の値は、試験による平均値

地質構造の整合性について

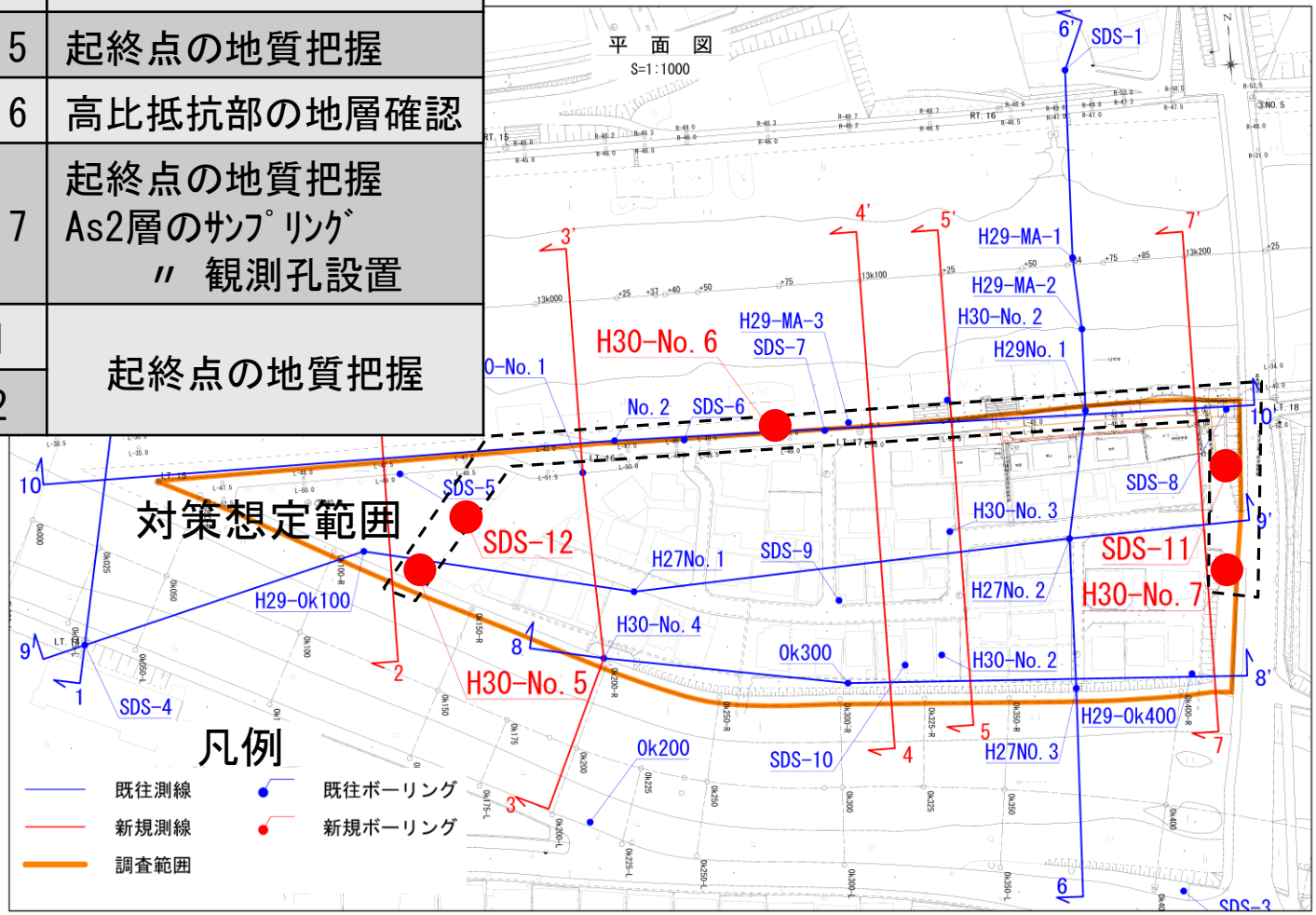
秋田地区の地質構造は、調査結果を踏まえ三次元地盤モデルを作成し、三次元的に整合するものとした。



補足調査の目的と概要

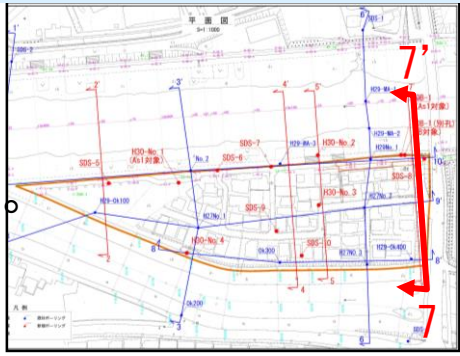
対策範囲（起終点）の地質状況、As2層の液状化特性を把握することを目的とした。

調査方法	地点名	調査目的
ボーリング	H30-No. 5	起終点の地質把握
	H30-No. 6	高比抵抗部の地層確認
	H30-No. 7	起終点の地質把握 As2層のｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ 〃　観測孔設置
サウンディング	SDS-11	起終点の地質把握
	SDS-12	

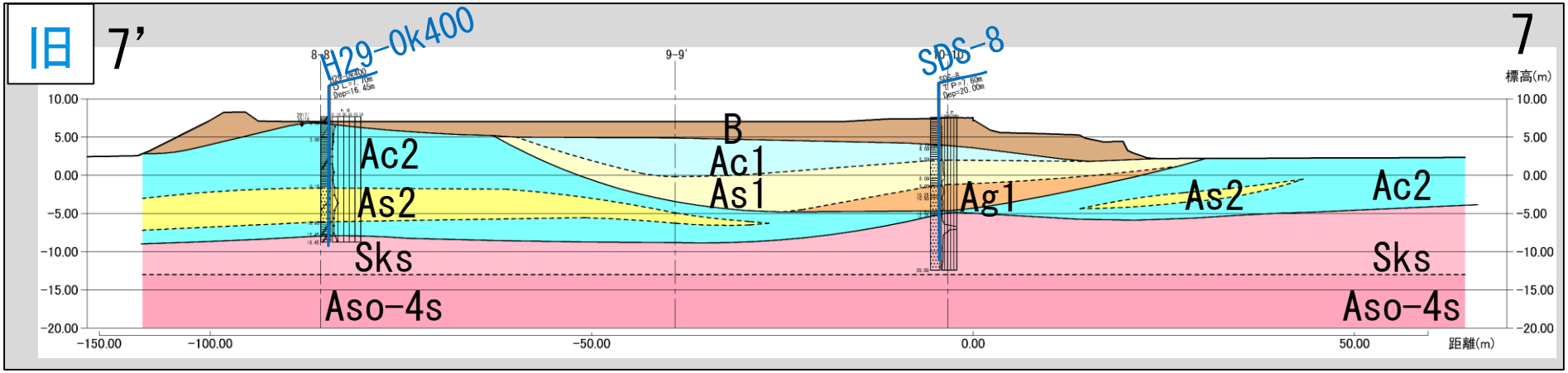


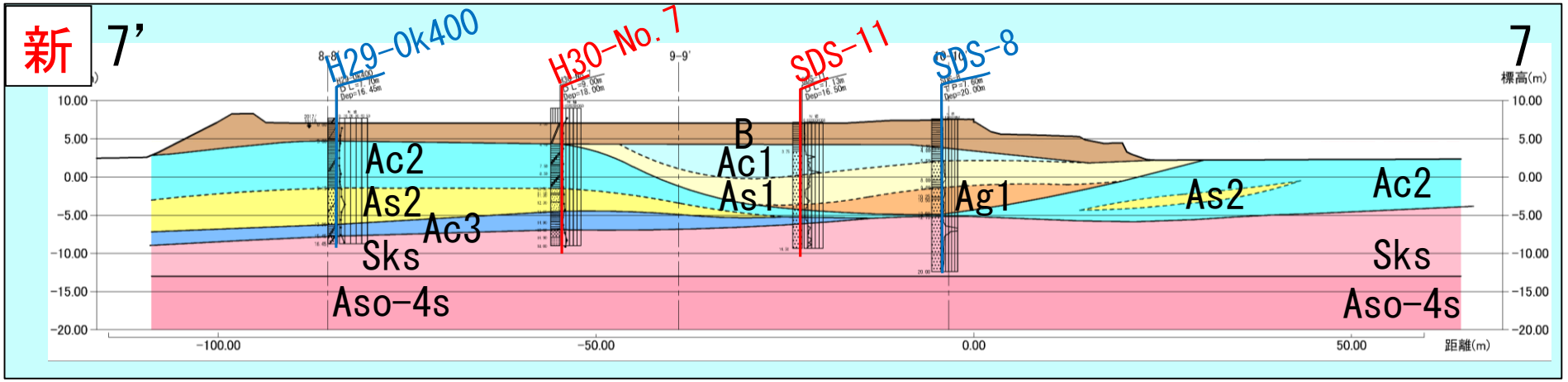
補足調査の結果

◎補足調査の結果、既往の地層状況と整合する結果を得た。
・流動したと推定するAs1及びAg1層の堆積状況は大きく変化しない。
・大きな流動はしないものの、液状化したと推定するAs2層の堆積状況も、大きく変化しない。
・コア試料の色調などから、Ac2層の地層記号を細分した。



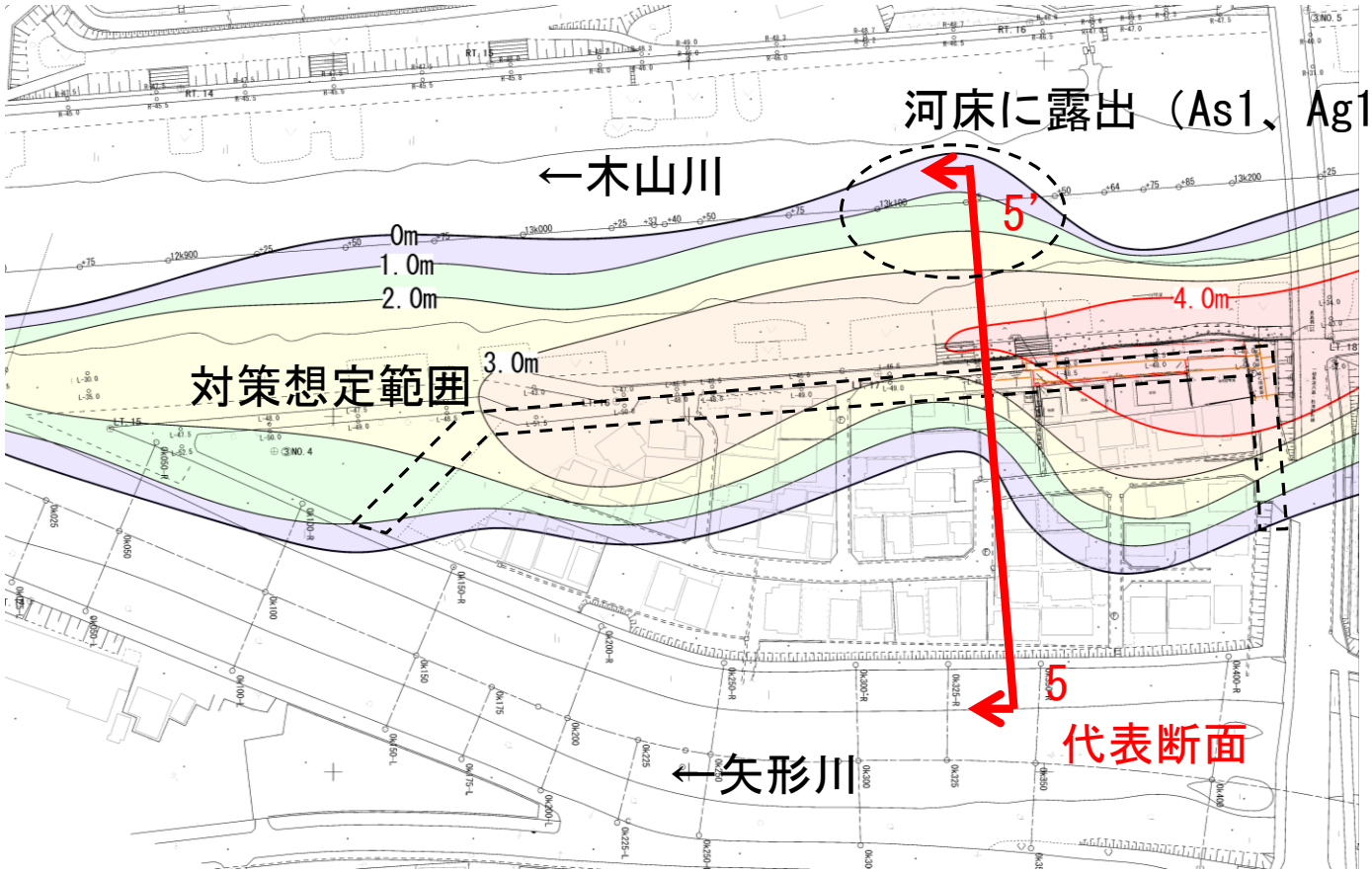
調査位置平面図





大きく流動したと想定される層の厚さ（As1層及びAg1層）

As1層及びAg1層は、木山川側のみに分布する。これらの層は、木山川の河床に露出しており、液状化によって木山川側へ大きく流動したと推定する。



層厚（As1・Ag1）

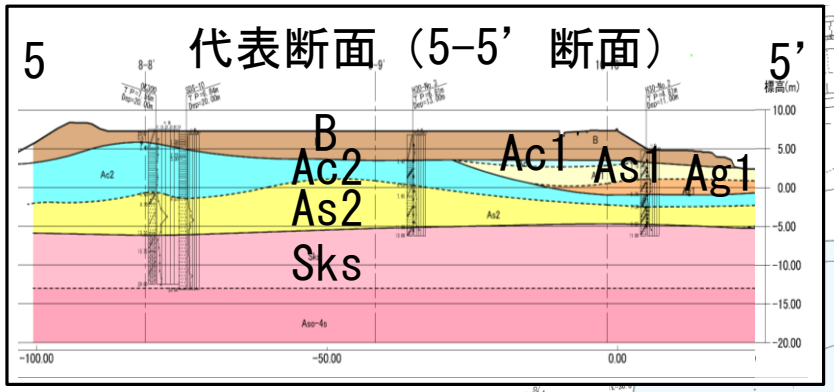
- 0～1m
- 1～2m
- 2～3m
- 3～4m
- 4m～

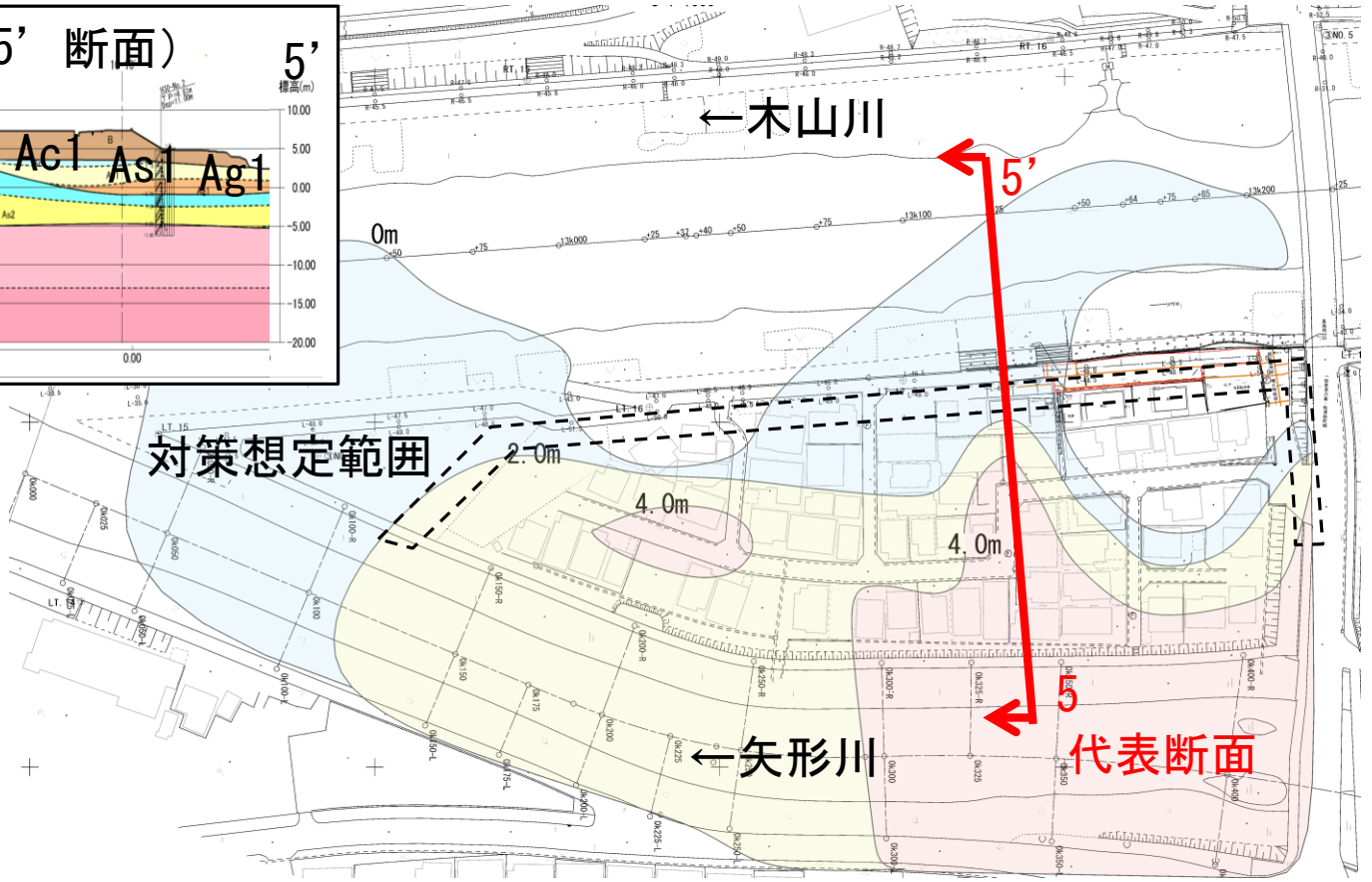
As1層及びAg1層厚のコンター

As2層の厚さ

As2層は、矢形川側に厚く堆積し、特に5-5’ 断面（代表断面）で最も厚く、広く堆積している。

よって、変形解析を実施した5-5’ 断面は、液状化による変形が最も大きく得られる断面と考える。





層厚（As2）

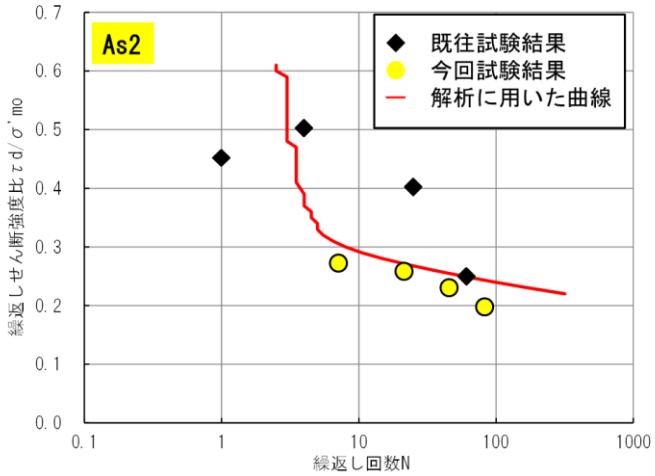
- 0～2m
- 2～4m
- 4～6m

As2層厚のコンター

As2層の液状化特性

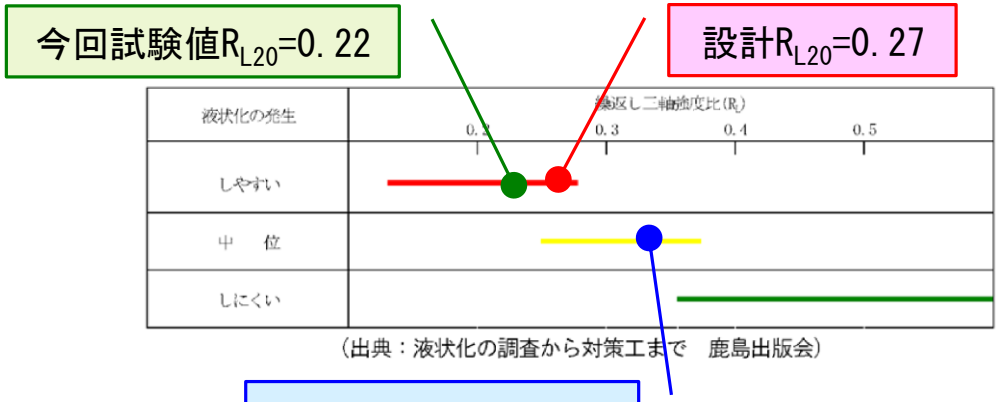
・As2層の液状化強度特性R_{L20}は、前回までの値が特異な値を示していたため、安全側に強度曲線を設定した(前回委員会で報告)。
・追加試験を加えた平均値は設計値と類似しており、地区全体の設計値として妥当と判断される。

	Bor.No.	細粒分含有率Fc(%)	液状化試験R_{L20}	液状化のしやすさ
前回値	H29-MA-2別孔	42.0	0.336	中位
今回値	H30-No.7	26.3	0.216	しやすい
平均値		20.3(5.9～45.1)	0.276	
設計値			0.27	しやすい



As2層の液状化強度曲線

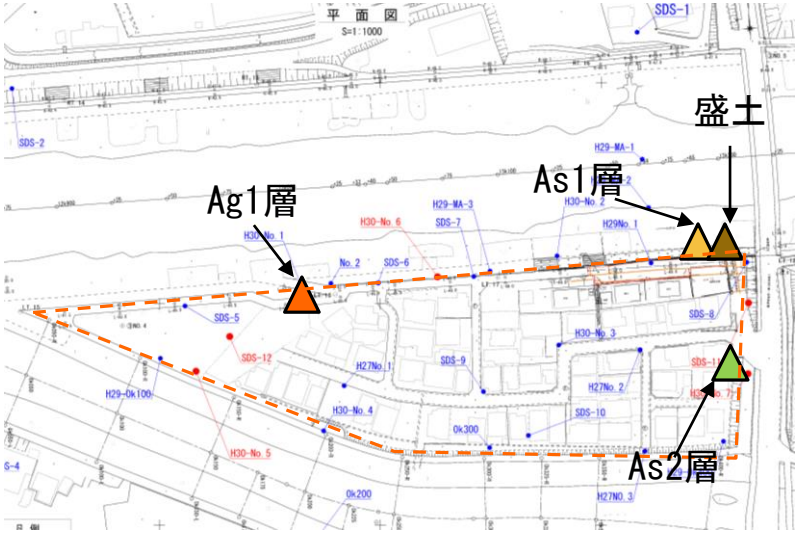
一般的な液状化の発生の程度



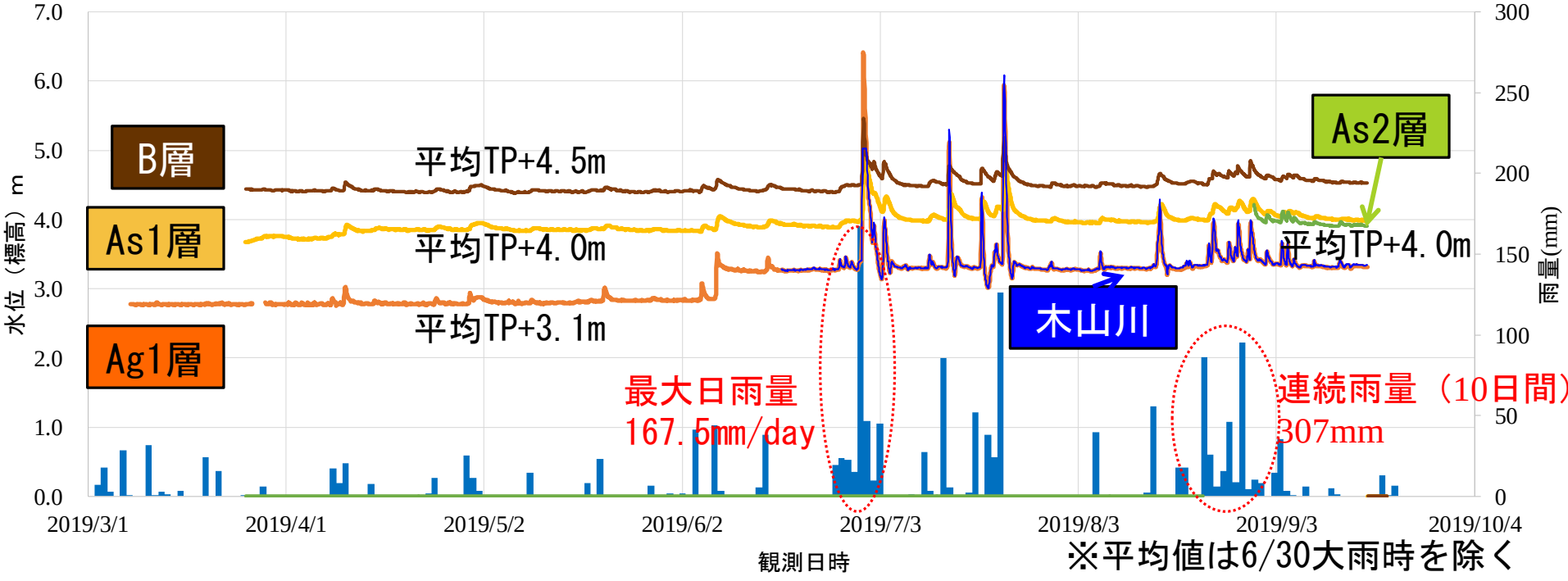
(出典：液状化の調査から対策工まで　鹿島出版会)

As2層の地下水位

- As2層の地下水位は、As1層と同程度の水位、同様の変動傾向を示す。
- As2層の地下水位は、As2層の堆積標高（T.P.-6.0m～T.P.±0m）よりも高く、被圧していると考えられる。
- Ag1層の水位は、河川水位と連動した変動傾向を示す。



観測地点平面図



※平均値は6/30大雨時を除く

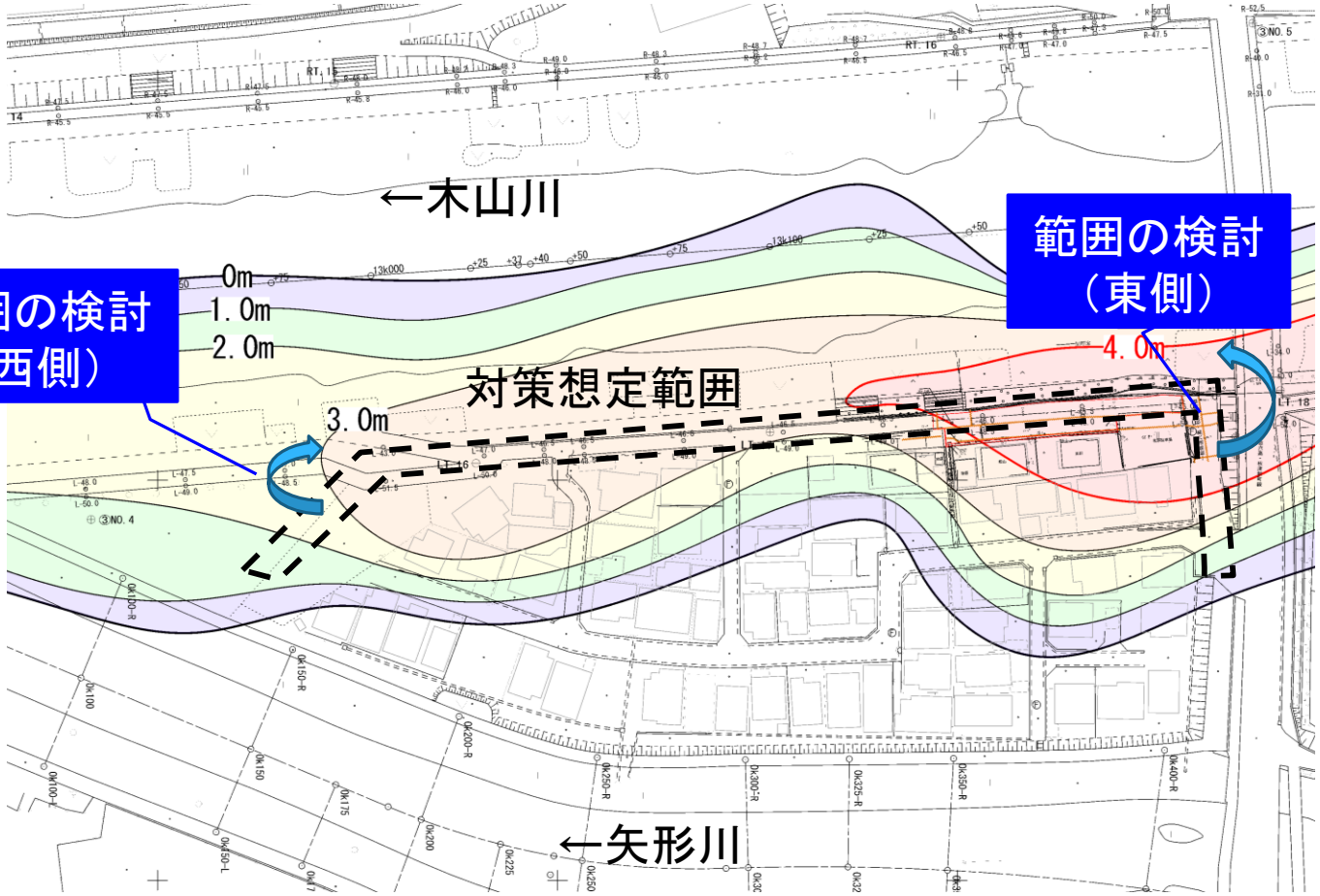
具体的な検討結果は次のとおり。

項目	調査検討結果
①改良壁の検討	流動化対策として、木山川側への改良壁の設置について検討した。 ・対策範囲の設定は、液状化変形解析結果より流動層厚と地表面傾斜角の関係を整理し改良長を設定した。 ・改良諸元の設定は、流動層厚（As1層及びAg1層）が、河川縦断方向に大きく変化するため、対策範囲を計6区間に細分した。 ・改良諸元は、改良強度、根入れ、改良率を設定した後に、細分区間毎に改良壁の安定性（滑動、転倒など）が確保できる改良幅を設定した。
②対策による影響の検討	・改良壁による地下水流動阻害が懸念されるため、二次元浸透流解析から地下水への影響程度を評価。 排水管により水位上昇を抑制する。 ・改良壁前面（木山川側）の安定性が悪いため、法面と改良壁の崩壊が考えられる。円弧すべり計算（Δu法）から安全率を評価。鋼矢板（補助工法）により改良壁の崩壊を抑止する必要がある。

改良壁による対策工のイメージ

再度災害防止対策は、改良壁を木山川側に設置することで、液状化による流動を抑止し、再度災害を防止する。

※改良壁の脇からの流出を防止するため東西端部の範囲も検討する。



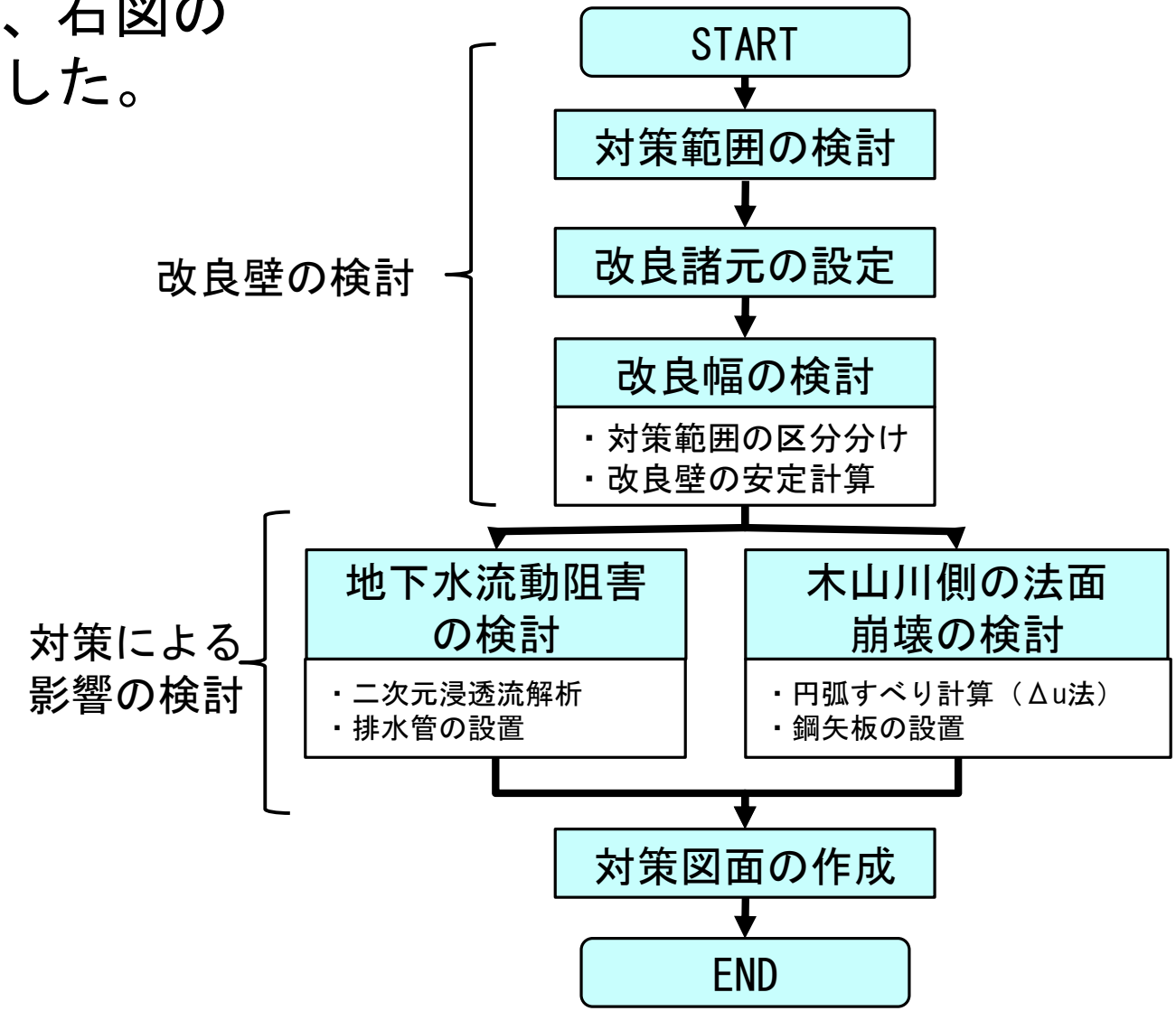
液状化層厚（As1・Ag1）

- 0～1m
- 1～2m
- 2～3m
- 3～4m
- 4m～

液状化により大きな流動をする層厚のコンター

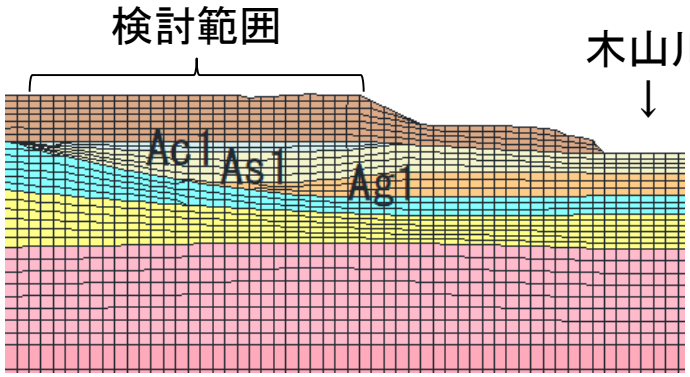
対策工の検討フロー

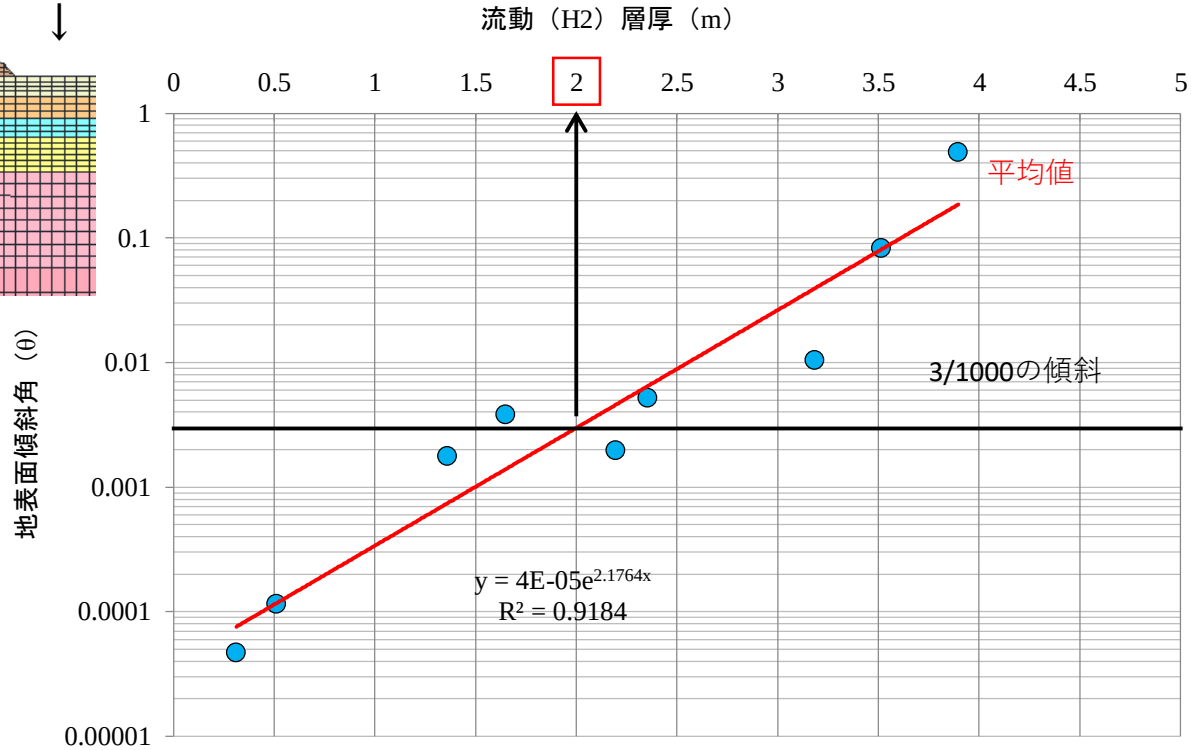
対策工の検討は、右図のフローの通り実施した。



流動化層の対策範囲について-1

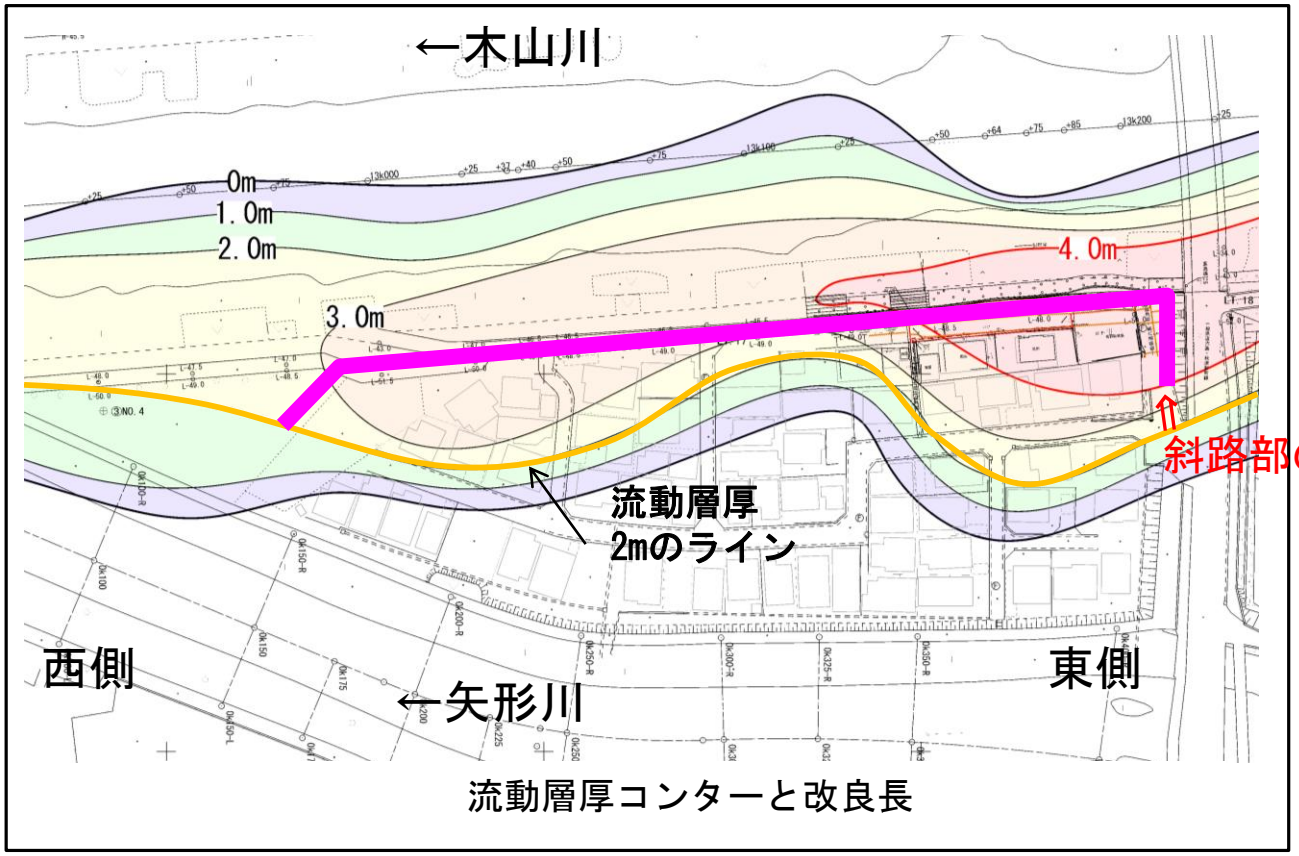
・地区東部および西部の改良長決定に際しては、前回委員会で報告した変形解析結果から、流動層厚と地表面傾斜の相関性を整理し決定した。
・下図に示すとおり、流動層厚が約2m程度に超過する場合には、地表面の傾斜が目標値（3/1000）を越える傾向が認められる。
・よって、流動層厚2m以下となる位置までを対策範囲とした。





流動化層の対策範囲について-2

- 流動層厚が2m以下になる改良長は西側で約21m、東側で約30m程度の範囲
- 東側に関しては、流動層厚2mの位置が斜路にかかっており、この傾斜と異なる方向への流動はないと判断し、斜路部分の改良は行わないこととした。
- この場合の東側の改良長は約22mとなる。

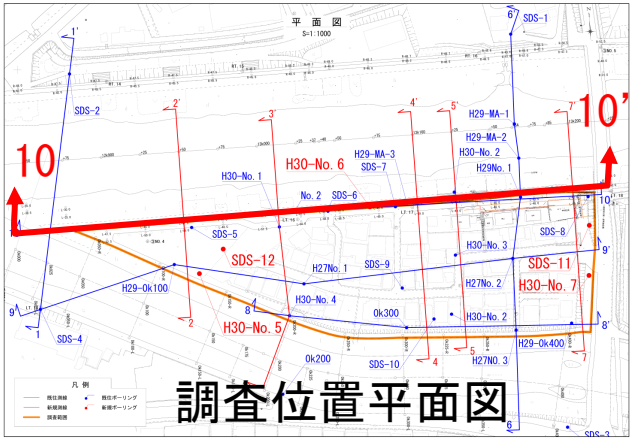


流動層厚コンターと改良長

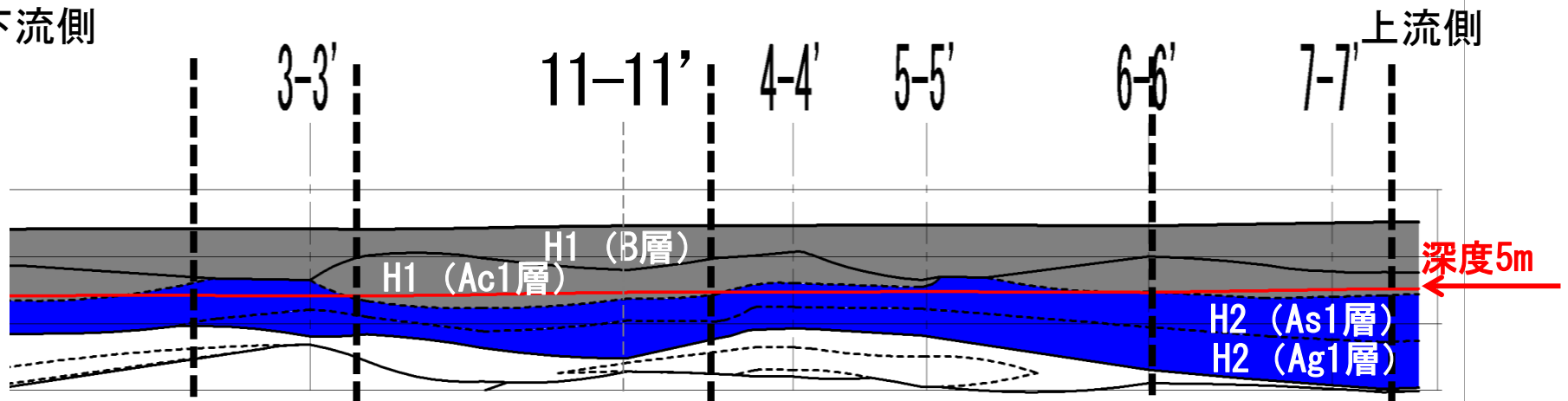
	端部の延長
西側	21.1m
東側	22.2m

改良諸元の設定

・改良壁については、改良壁が安定する諸元を設定する。
・対策範囲内は、非液状化層厚H1、流動層厚H2（As1及びAg1層）が変化するため、H1及びH2をもとに計6区間に細分した。



調査位置平面図



区間①	区間A	区間B	区間C	区間D	区間②
西側端部	H1＜5m H2:2.5～4.2m	H1≧5m H2:2.5～4.5m	H1＜5m H2:3.3～5.9m	H1≧5m H2:5.9～7.0m	東側端部
	代表3-3'	代表11-11'	代表5-5'	代表7-7'	

改良諸元の設定

・各設定諸元は、次の方針とした。

①改良幅について
　改良体全体の安定計算（滑動、転倒、支持力）を行い、満足する改良幅を設定した。

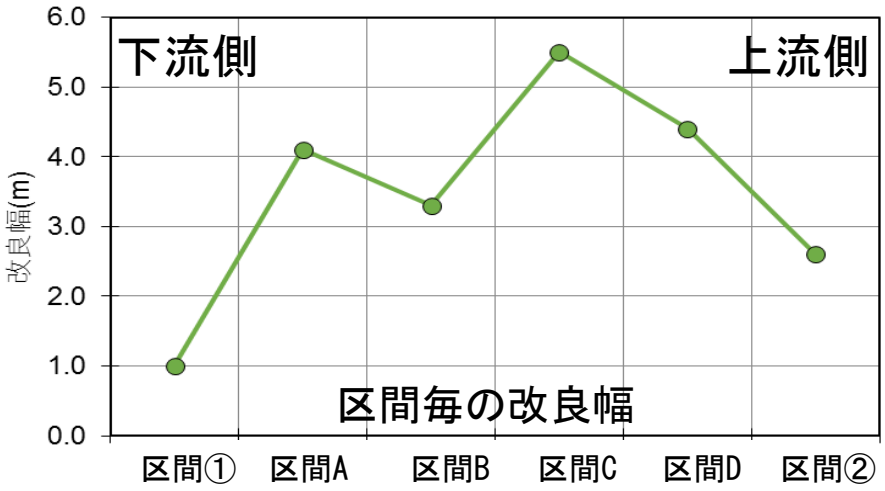
②改良深度について
　流動層の流動抑止及び、改良体の沈下抑止を目的に、液状化下端より下位のSks層（島原海湾層）に1m根入れする。

③改良強度について
　原則として、一般値のq_u=500kN/m^{2}以上とした。

④改良率apについて
　改良深度が13mを超えるため、深層混合処理工法を想定する。
　流動を抑止することを目的とするため、改良率ap=78.5%(接円)とする。

改良諸元の検討結果

- 改良壁の安定計算により、下表の改良幅を設定した。
- 改良幅は、流動層厚が最も厚い5-5’断面で最大5.5m。



区間	代表断面	改良強度	改良率	改良幅	決定要因
区間①	—	qu=500kN/m²	78.5%	1.0m	※最小幅
区間A	3-3’断面			4.1m	転倒
区間B	11-11’断面			3.3m	転倒
区間C	5-5’断面			5.5m	端趾圧
区間D	7-7’断面			4.4m	転倒
区間②	—			2.6m	滑動

対策後の課題について

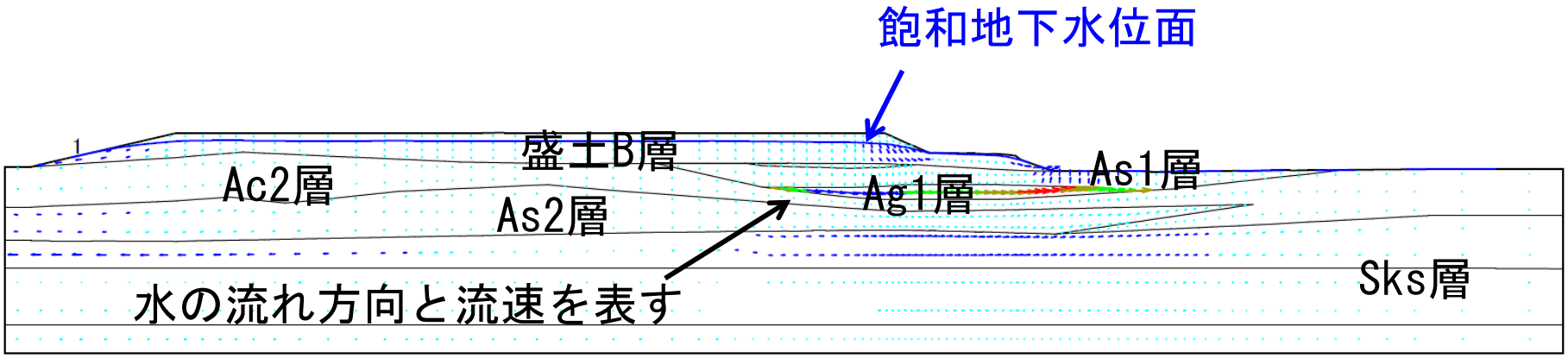
■課題①：地下水の流動阻害

　改良壁を打設することで、地下水の流動阻害が発生し、秋田地区内の地下水位が上昇する可能性がある。

■検討方法

①二次元浸透流解析を用い、改良壁による秋田地区内の地下水上昇程度を把握した。

②地下水上昇を抑えることを目的に、排水管を設置するとともに排水管の効果を検討した。

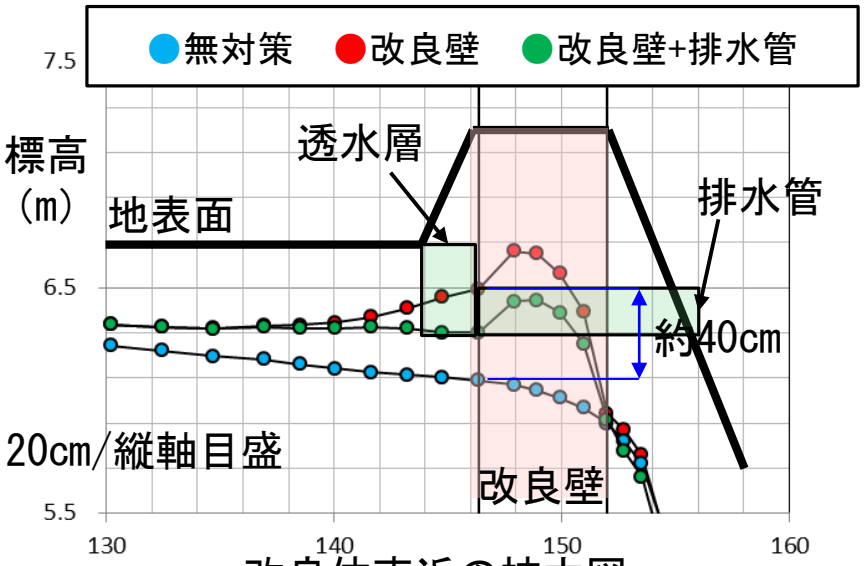


二次元浸透流解析のイメージ

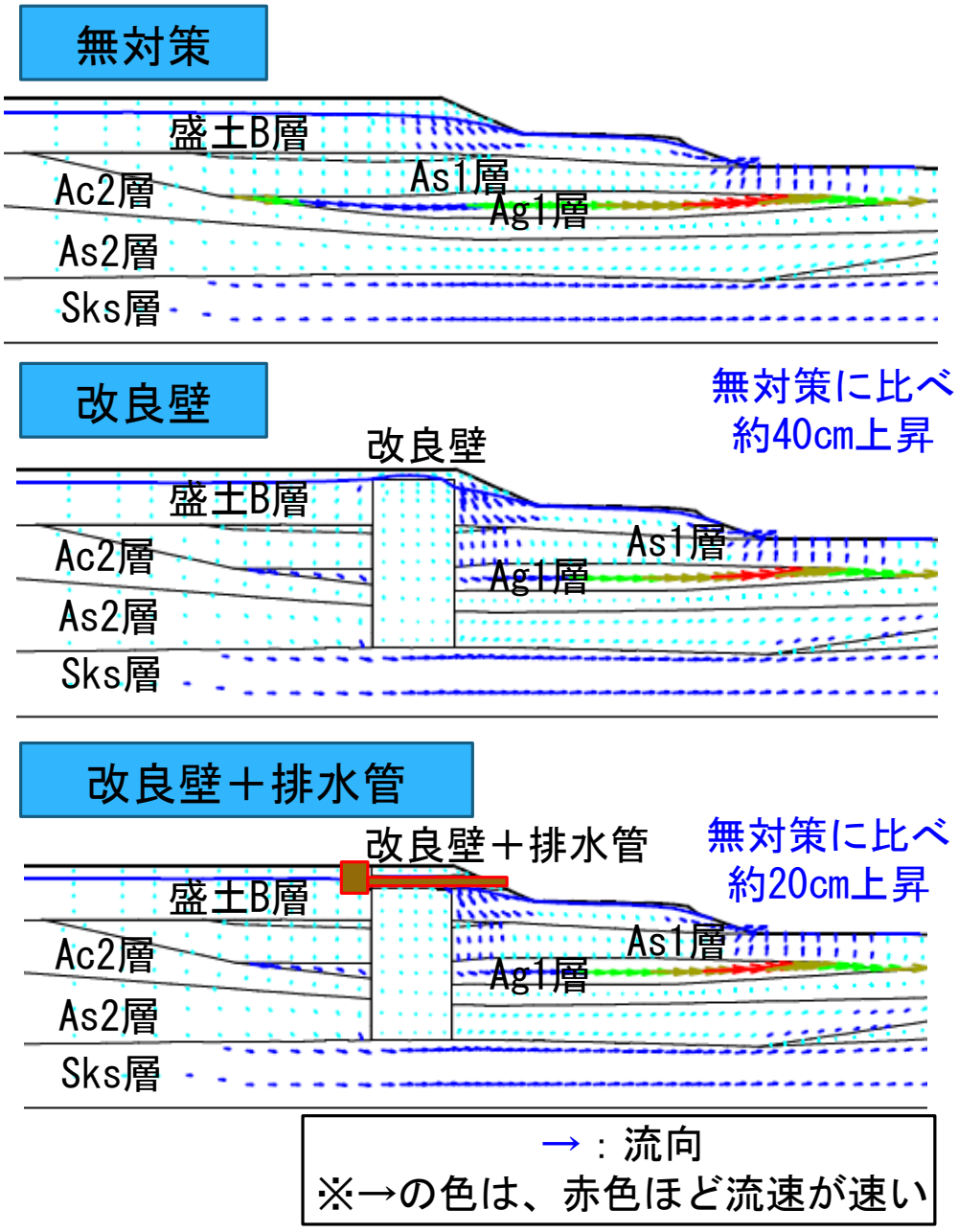
地下水の流動阻害について

■検討結果

- 改良壁の打設により、無対策に比べ約40cm水位が上昇する。
- 改良壁を横断する排水管の設置により、水位上昇を約20cmに抑えることができる。
- 地下水の上昇は、地盤の支持力低下を引き起こすため、排水管を設置し、水位の低下を図る。



改良体直近の拡大図



※排水設備は、改良壁背面の透水層、改良壁を横断する排水管を想定。

対策後の課題について

■課題②：改良壁前面の法面崩壊

・改良壁から木山川側（前面）の法面は、安定性が悪いため、液状化により法面と改良壁がともに崩壊してしまう。

・改良壁を含む法面の崩壊を防止することを目的として、補助工法（鋼矢板）が必要となる。

■検討方法

①流動化時の安定計算（Δu法）を行い、必要な抑止力を算定。

②一次元弾性梁要素モデルを用い、矢板の型式を選定した。

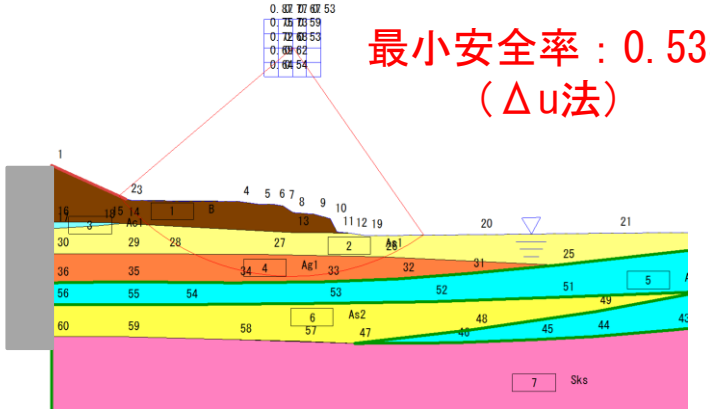
熊本地震後の法面崩壊の状況(木山川)

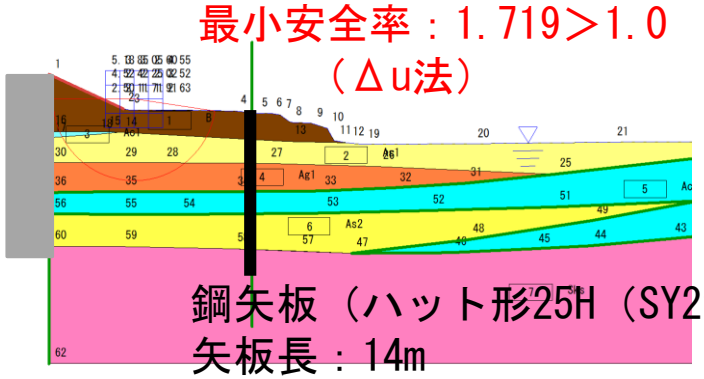
改良壁前面の法面崩壊について

■検討結果

・非液状化層厚（H1）及び、流動層厚（H2）をもとに細分した区間毎に、矢板の諸元を設定した。

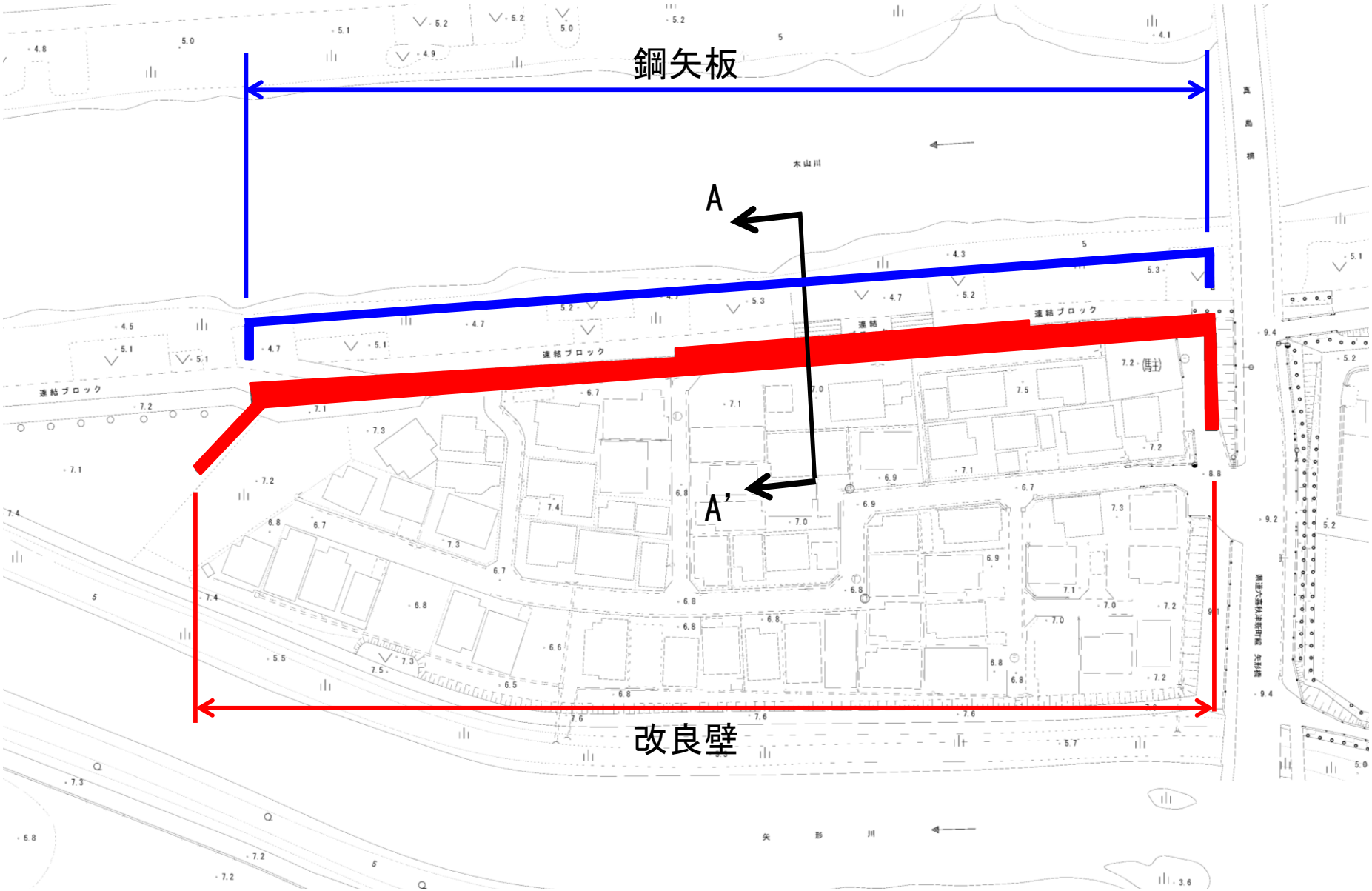
区間	矢板型式	矢板長
区間A	ハット形25H SY295	10.5m
区間B	ハット形10H SY390	12.0m
区間C	ハット形25H SY295	14.0m
区間D	ハット形10H SY390	12.0m





区間C（5-5’断面）における検討結果

検討結果を踏まえた対策工の概要図



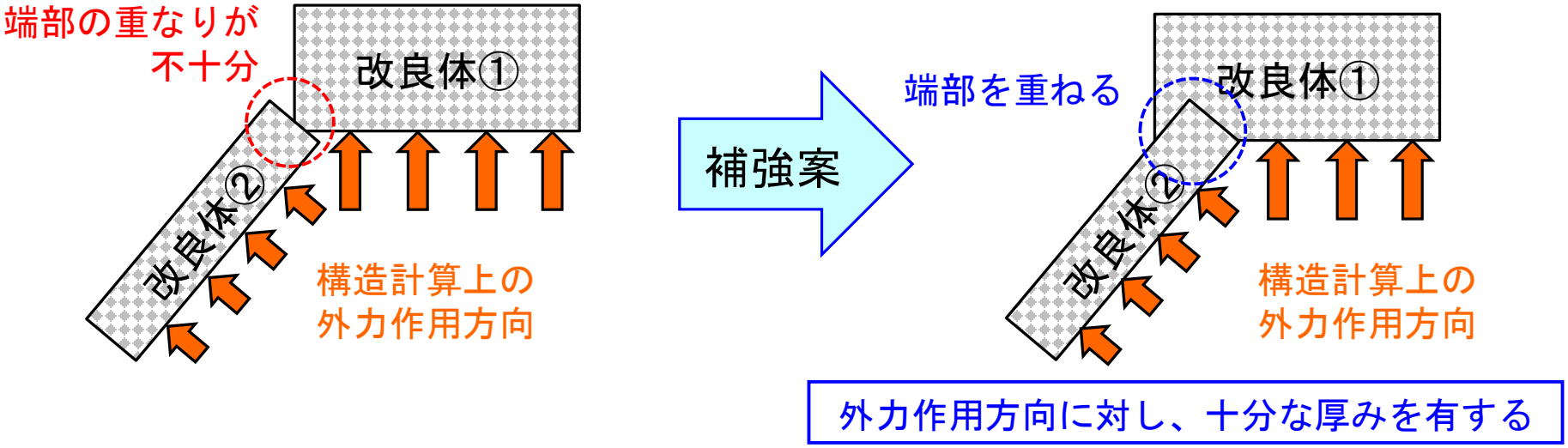
改良体端部の補強について

・改良体の配置を検討し、外力圧が作用する方向に対し、十分な補強効果が期待できる配置計画とした。

配置計画の方針

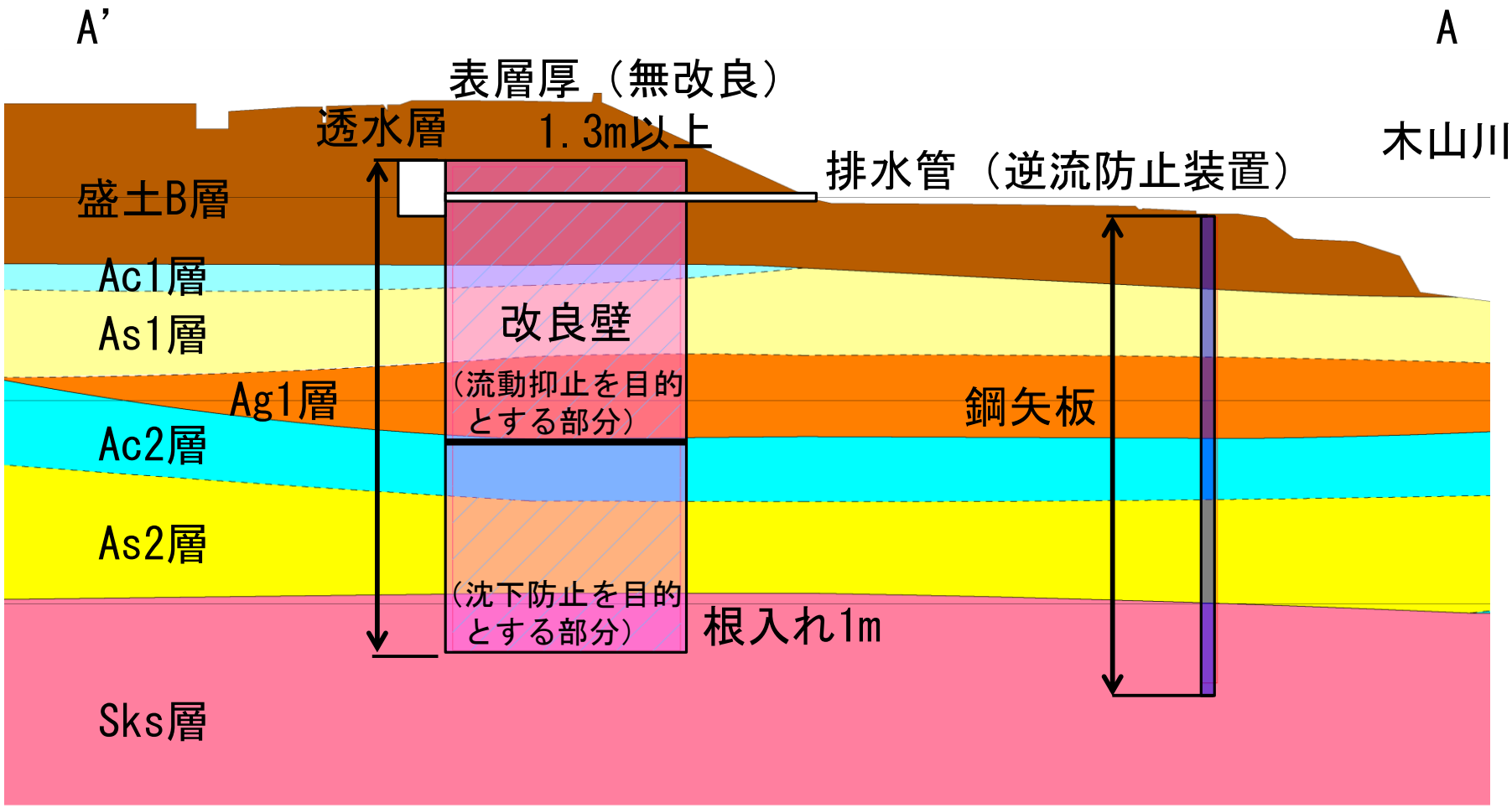
改良体は、滑動・転倒・支持力・端趾厚の各項目について、構造計算を行い、所定の安全率（Fs=1.0～1.1）を満足してる。

更に、下図に示すように各改良区間の端部にて、部分的な弱部とならないように考慮した配置を行う。



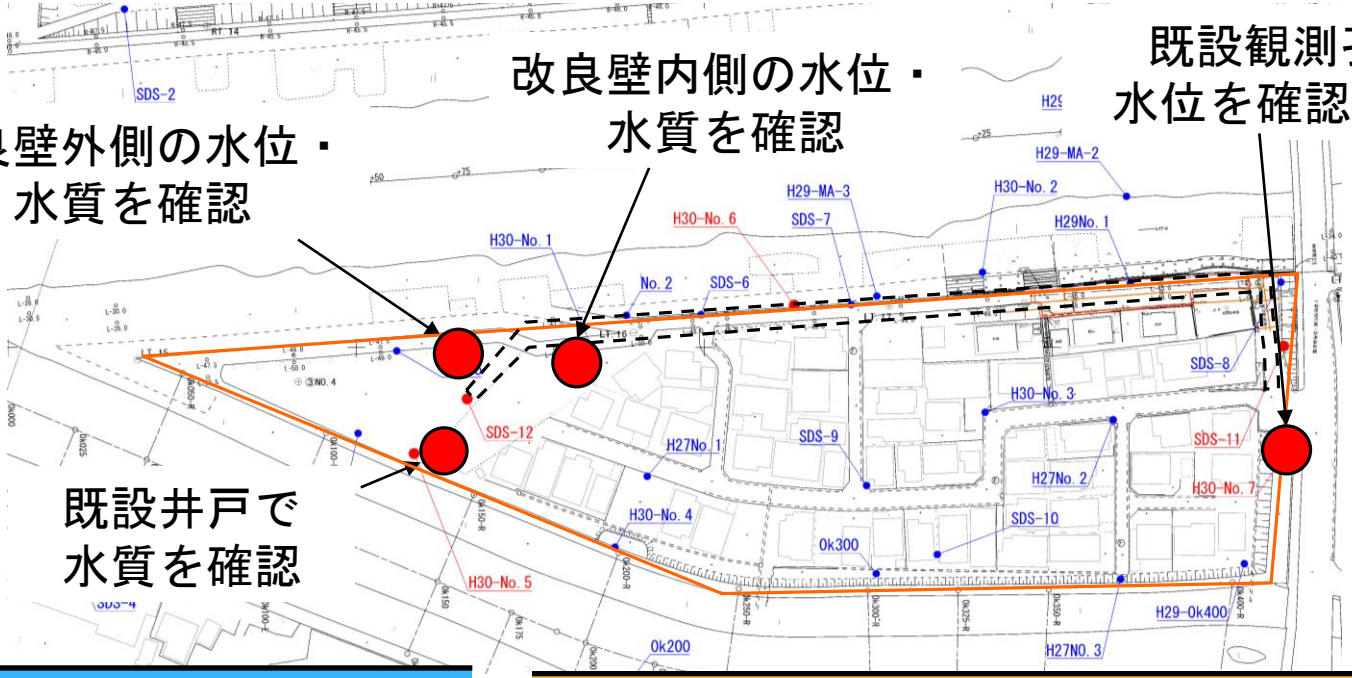
外力作用方向に対し、十分な厚みを有する

検討結果を踏まえた対策工の概要図



モニタリング計画

秋田地区ではすでに設置済みの観測孔、新規設置する観測孔等を用いて、地下水位及び水質への影響を観測する。



項目	計測方法
地下水位	自記水位計
降雨量	気象データ（気象庁）
水質	水質分析（年2回）

対象	結果の利用
地下水位	対策前後の地下水位の確認 流動阻害の影響を把握
水質	対策前後の水質変化の確認

※観測孔の設置位置は、施工計画等を踏まえて変更の可能性がある。