

第1章 はじめに

入鹿池は愛知県北西部の犬山市内にあり、今から約380年前(1633年)に築造され全国最大級の規模を誇る農業用ため池で、かんがい用水を2市2町(犬山市、小牧市、大口町、扶桑町)に供給している。

築造後、幾多の干ばつや豪雨などの災害に見舞われ、中でも明治元年5月の「入鹿切れ」¹⁾では、長雨により堤体が崩壊し約1,000名もの方が亡くなる大惨事となった。また、明治24年10月には我が国最大の内陸活断層型地震とされる濃尾地震が発生し、堤体に数カ所の亀裂が生じるなどの被害が発生している。その後の災害復旧工事や改修・補強工事を経て、昭和の大改修により堤体が強化され、現在に至っている。

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、従来の想定を超える震源域が連動したことで長時間に及ぶ大規模な地震が発生し、東北から東南海の沿岸部では津波によって海岸施設などに甚大な被害が発生した。また、内陸部では、多くの農業用ため池が被災し、決壊したため池によって下流部に甚大な二次被害も起こっている。

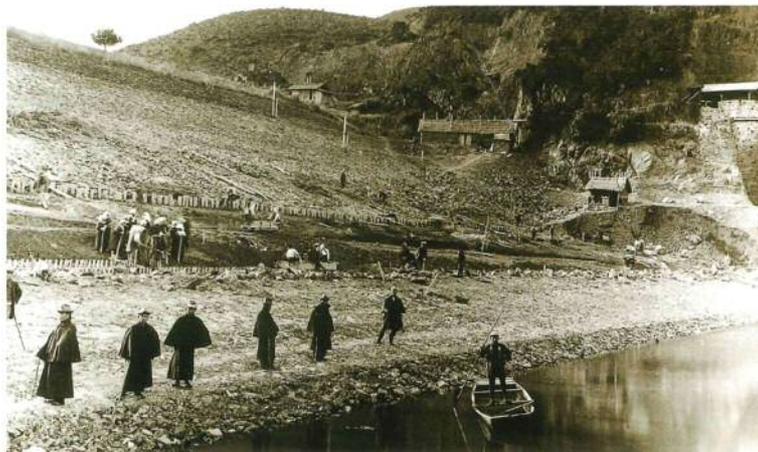
愛知県では、近い将来、南海トラフを震源とする大規模地震の発生が危惧されており、県内の2,700余りの農業用ため池の安全性の検証が急務となっている。特に貯水量の大きい入鹿池が地震により被災した場合、池下流に広がる地域では、「入鹿切れ」を遙かに上回る大きな二次被害が生じる恐れがある。

入鹿池の耐震性については、平成16年度にレベル1地震動に対する安全性を確認しているが、それを上回るレベル2地震動に対しての検証は行われていなかった。

このため、愛知県は、学識経験者らで構成する「入鹿池耐震性検証委員会」(以下、「委員会」という。)を設置し、大規模地震に対する入鹿池の耐震性を検証することとした。

第1回の委員会を平成24年11月に開催し、それ以降5回の委員会と現地調査によって、「海溝型地震」と「内陸活断層型地震」に対する堤体の耐震性について検証してきた。

本書は、委員会が実施してきた入鹿池の耐震性について報告するものである。



堤体上流法面工事 (明治45年)

第2章 委員会の設置

(1) 委員会の目的

将来想定される大規模地震に対する入鹿池の安全性を検証することを目的として、入鹿池耐震性検証委員会を設立した。委員会では「入鹿池の大規模地震にかかる耐震性能の検証に必要な調査、解析」と「入鹿池の耐震性能にかかる評価」を実施する。

(2) 委員会名簿

(平成27年3月時点の委員を記載。入鹿池耐震性検証委員会設置要綱は参考資料参照)

氏名	職名	備考
こばやし あきら 小林 晃	関西大学 環境都市工学部都市システム工学科 教授	学識経験者
さかい としのり 酒井 俊典	三重大学大学院 生物資源学研究科 教授	学識経験者
すぎと まさた 杉戸 真太	岐阜大学 理事・副学長	学識経験者
委員長 もうり よしゆき 毛利 栄征	茨城大学 農学部地域環境科学科 教授	学識経験者
なかむら なおふみ 中村 直文	愛知県農林水産部農林基盤局 農地環境対策監	行政

(敬称略 五十音順に記載)

(3) 委員会の審議内容

年度	審議内容
平成24年度	<ul style="list-style-type: none"> 既存資料（工事、ボーリング、土質試験）の確認 耐震性検証方針の検討 現地調査、試験計画
平成25年度	<ul style="list-style-type: none"> ボーリングコアを現地にて確認 現地調査（ボーリング、表面波探査、電気探査）結果 土質試験結果 解析断面、地震動の選定 解析手法の選定 解析内容
平成26年度	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査（追加ボーリング、表面波探査）結果 解析内容 堤体の健全性（グラウト、浸潤、液状化） とりまとめ

第3章 入鹿池の概要

(1) 基本諸元

入鹿池は堤高 25.7m、堤長の 724.1m、貯水量 1,518.7 万 m³ の大規模ため池である。

堤体は右岸部に位置する河内堤、中央部の中堤、左岸部の東堤の 3 つの異なる堤体によって構成されている。基本諸元は、以下に示すとおりである。

表 3.1 入鹿池諸元表

かんがい地域		犬山市、小牧市、大口町、扶桑町			
流域面積		3,440 ha			
規模	満水面積		152.1 ha		
	貯水量		15,187,000 m ³		
	満水位		EL 90.95 m		
	水深		16.95 m		
	堤体	高さ	堤高)
			河内堤	25.7 m	
			中堤	23.5 m	
			東堤	17.6 m	
	堤頂標高*		EL 97.51~	EL 99.08)
	河内堤	EL 97.55~	EL 98.17		
中堤	EL 97.51~	EL 99.08			
東堤		EL 96.83~	EL 97.57)	
※管理用道路部					
延長	河内堤		169.71 m		
	中堤		361.34 m		
	東堤		193.08 m		
	計		724.13 m		
法勾配	表法 (上流斜面)		上部 2.5割 / 下部 3.2割		
	裏法 (下流斜面)		3.0 割		
余水吐	名称	幅	高さ		
	越流部	47.80m	EL90.95m~92.50m		
	名称	延長	断面		
	放水路部	267.4m	幅	深さ	
取水施設	取水塔	塔高	内径		取水口
		34.0m	5.0m×5.0m		径1,000mm×6門

(2) 入鹿池の補修・改修

主な事業における施設の改修状況は次のとおり。

1) 県営大規模老朽ため池事業 (S37 年度~S46 年度)

- ・遮水グラウト (河内堤 : φ 65mm、166 孔、H=平均 32m、東堤 : φ 65mm、189 孔、H=平均 15~25m)
- ・堤体補強 (河内堤、中堤、東堤)、
- ・余水吐、放水路設置 (河内堤)
- ・斜樋、底樋改修 (東堤)

2) 県営防災ダム事業 (S53 年度~H3 年度)

- ・余水吐改修、堤体補強 (河内堤)

3) 愛知用水二期事業

- ・取水塔 (河内堤) 更新 (H10 年度~H14 年度)

(3) 位置

愛知県北西部の犬山市池野地区に位置する。



図 3.1 入鹿池位置図



(出典：国土地理院、電子国土基本図)

図 3.2 入鹿池地形図



写真 3.1 入鹿池航空写真



写真 3.2 入鹿池堤体上流側法面写真（東堤から中堤を望む）

第4章 耐震性検証フロー

本委員会では、

- ・入鹿池の大規模地震にかかる耐震性の検証に必要な調査、解析
- ・入鹿池の耐震性能にかかる評価

について平成24年度から平成26年度までの3年間で実施した。検証のフローを図4.1に示す。

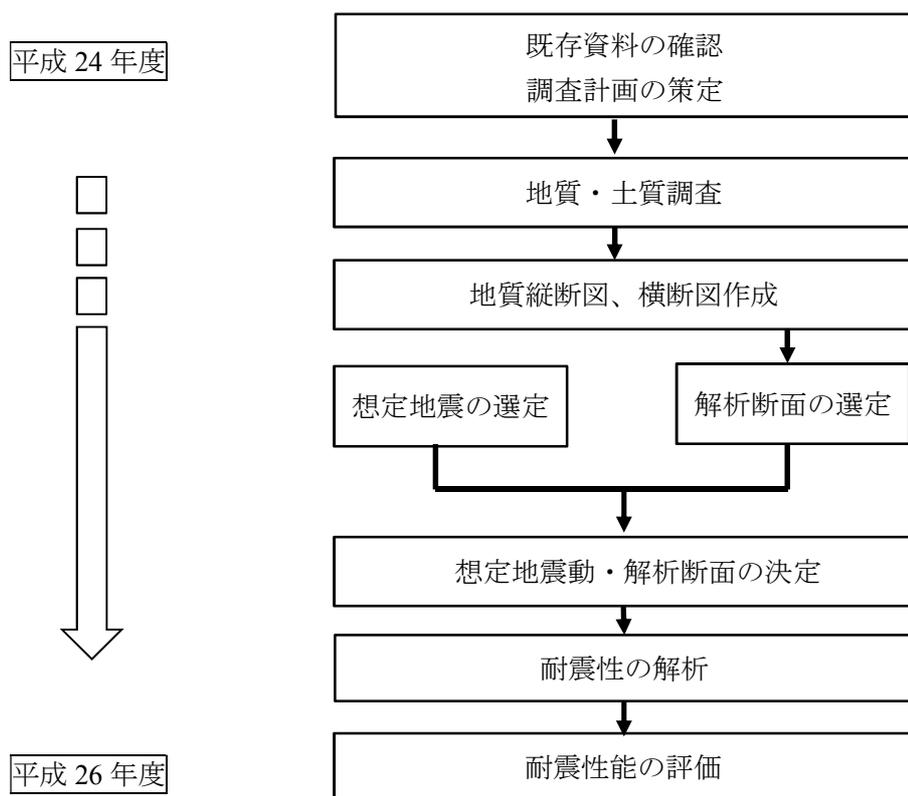


図 4.1 耐震性検証フロー図

第5章 地質・土質調査結果

5.1 調査項目

入鹿池の大規模地震にかかる耐震性の検証に必要な調査として、堤体の土質構成を確認するためのボーリング調査、物理探査（表面波探査、電気探査）を実施した。また、解析や安全性の確認に必要な堤体土の土質試験（物理試験及び強度試験など）を実施した。

耐震性検証のために実施した地質・土質調査の項目、数量を表 5.1.1 に示す。

表 5.1.1 地質・土質調査一覧表

	項目と数量	調査目的
河内堤	<ul style="list-style-type: none"> ◆調査ボーリングφ66 7孔 ◆調査ボーリングφ86 3孔 ◆PS 検層 L=182.2m (7孔) 	<p>氾濫歴があり、地質分布が複雑であると推定されたことから、ボーリングを密に配置(50m 間隔程度)し、直接、土質と基盤面を確認する。</p>
中堤	<ul style="list-style-type: none"> ◆調査ボーリングφ66 2孔 ◆調査ボーリングφ86 2孔 ◆PS 検層 L=79.2m (2孔) ◆表面波探査 L=390m ◆電気探査 L=365m 	<p>調査ボーリングと物理探査（電気探査と表面波探査を併用）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気探査：基盤深度が深いため、本手法で基盤位置を把握 ・表面波探査：S波速度の分布確認と表層部の性状を把握 ・ボーリング位置 H25-8：基盤上面までの深度が最も深い位置 H25-9：表面波探査でS波速度の遅い領域が確認された位置
東堤	<ul style="list-style-type: none"> ◆調査ボーリングφ66 5孔 ◆調査ボーリングφ86 2孔 ◆PS 検層 L=45.0m (2孔) ◆表面波探査 L=180m ◆電気探査 L=55m 	<p>調査ボーリングと物理探査（表面波探査）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表面波探査：基盤面が浅いため、本手法で基盤位置を把握 ：S波速度の分布確認と表層部の性状を把握 ・ボーリング位置 H25-10は、断面幅が最も狭い H25-11は、盛土深度が最も深い位置

また、土質試験の項目を表 5.1.2 に示す。

表 5.1.2 土質試験項目一覧表

分類	試験項目
物理試験	土粒子の密度試験 (JIS-A-1202)
	土の粒度試験 (フルイ分析, 沈降分析) (JIS-A-1204)
	土の液性限界・塑性限界試験 (JIS-A-1205)
強度特性	圧密非排水(CU)三軸圧縮試験 (JGS-0523)
動的変形特性	地盤材料の変形特性を求めるとの繰返し三軸試験 (JGS-0542)
液状化特性	土の繰返し非排水三軸試験 (JGS-0541)
強度低下	等方圧密非排水繰返し三軸試験 + 単調載荷試験

ボーリング調査位置を図 5.1.1 示す。



注) ボーリング位置の()内数値はボーリングの口径を示す。

図 5.1.1 ボーリング調査、物理探査位置図

5.2 調査結果

過去の堤体改修や補強時に実施されているボーリング調査データに加えて、今回実施したボーリング調査、物理探査結果から、堤体の内部構造と基礎地盤面の標高などを図 5.2.1 として確認した。河内堤、中堤、東堤のボーリング調査の詳細については、図 5.2.2～図 5.2.5 に示す。

河内堤、中堤、東堤の土質状況は以下のとおり。

(1) 河内堤の土質状況

- ・堤体は、礫混じりシルト、シルト混じり砂礫、シルト質粘土、砂質粘土の互層で構成されている。
- ・堤体の N 値は概ね 3～9 に分布している。
- ・余水吐の基礎地盤は堅固である。
- ・堤体深部に沖積層が存在し、その一部に N 値 6～10 のシルト質砂が存在する。
- ・基盤岩はチャートと泥質岩優勢互層である。

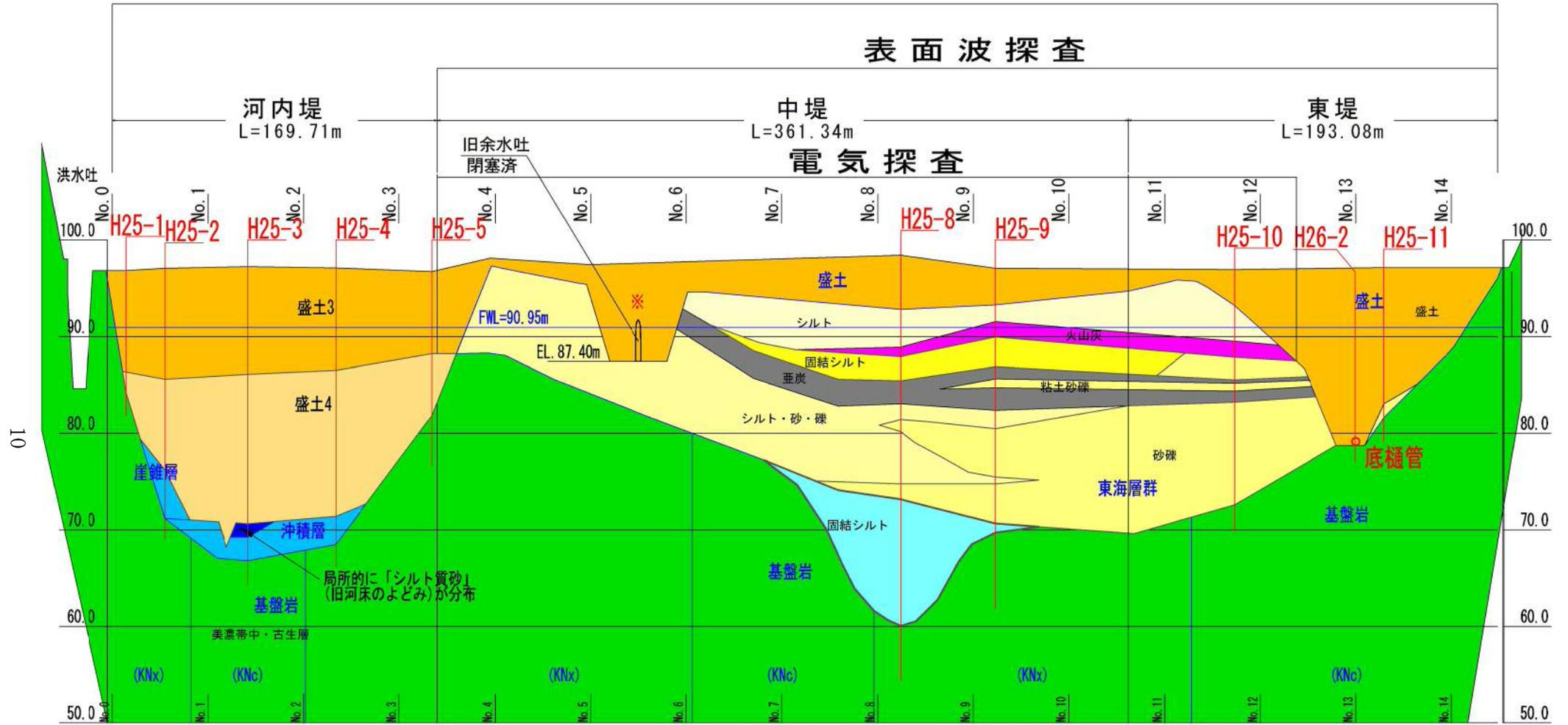
(2) 中堤の土質状況

- ・延長 361m の長い堤体である。右岸よりには旧の余水吐の閉塞工がある。
- ・堤体は東海層群の地山を利用し、上部を盛土で構成されている。
- ・東海層群はシルト、固結シルト、火山灰、亜炭、砂質シルト及び砂礫の互層で構成されている。
- ・盛土は、粘土質砂礫、礫混じり砂質粘土、シルト質粘土の互層で構成されている。
- ・堤体の縦断方向に層厚 2～3m の亜炭の層が介在しているが、N 値は 16 以上であり周部分には空洞などの緩み領域は確認されていない。
- ・堤体の縦断方向に層厚 1～2m の火山灰の層が介在しているが、N 値は 23 以上であり比較的締りがよい。

(3) 東堤の土質状況

- ・中堤に隣接する箇所は、東海層群の地山を利用し、上部を盛土で構成されており、東堤中央部から左岸側では、盛土のみで構成されている。
- ・中堤に隣接する地山を利用した堤体のうち、東海層群ではシルト質粘土、火山灰、亜炭、粘土混じり砂礫の互層、盛土は、砂礫、シルト混じり砂礫、粘土混じり砂礫の互層で構成されている。
- ・東堤中央部の盛土は、粘土質砂礫、礫混じり粘土、シルト質砂礫の互層で構成されている。亜炭層や火山灰層は確認されておらず、礫混じり粘土を主体とする堤体であり、N 値は 5 程度である。
- ・基盤岩はチャートと泥質岩優勢互層である。

入鹿池堤長 L=724.13m

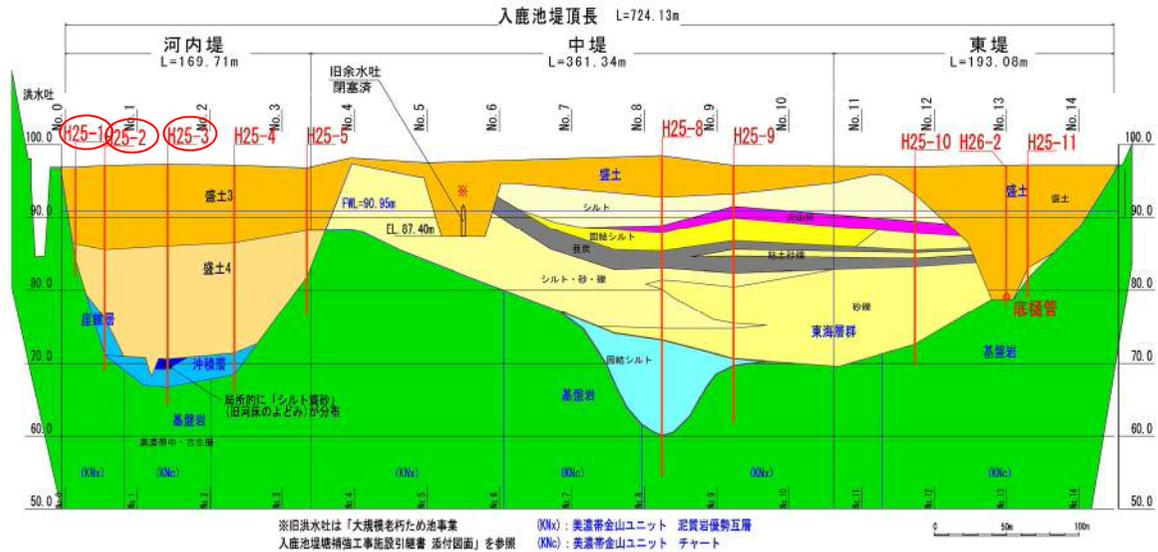


※旧洪水吐は「大規模老朽ため池事業
入鹿池堤塘補強工事施設引継書 添付図面」を参照

(KNx) : 美濃帯金山ユニット 泥質岩優勢互層
(KNc) : 美濃帯金山ユニット チャート



図 5.2.1 地質縦断面図



H25-1

H25-2

H25-3

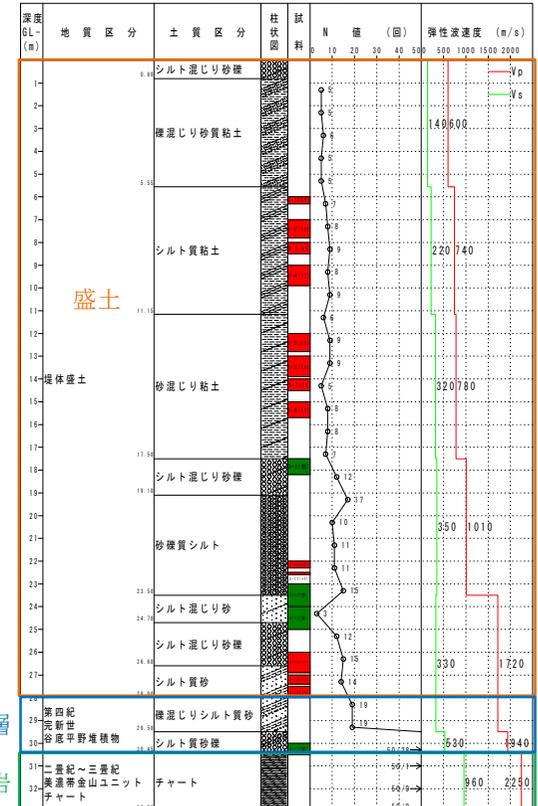
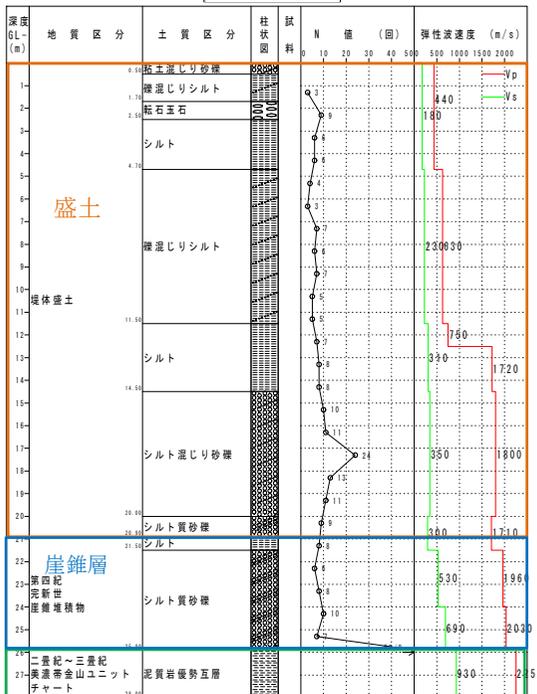
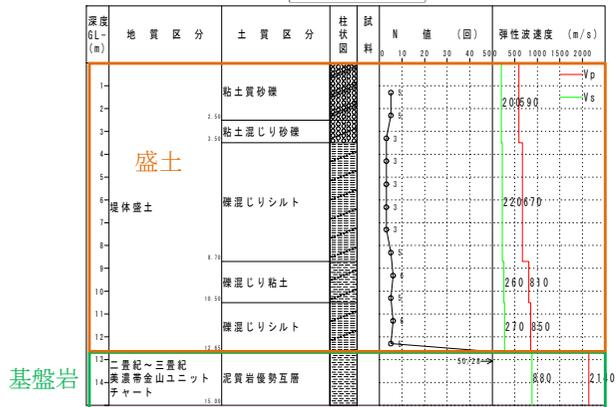


図 5.2.2 ボーリング調査結果(河内堤)

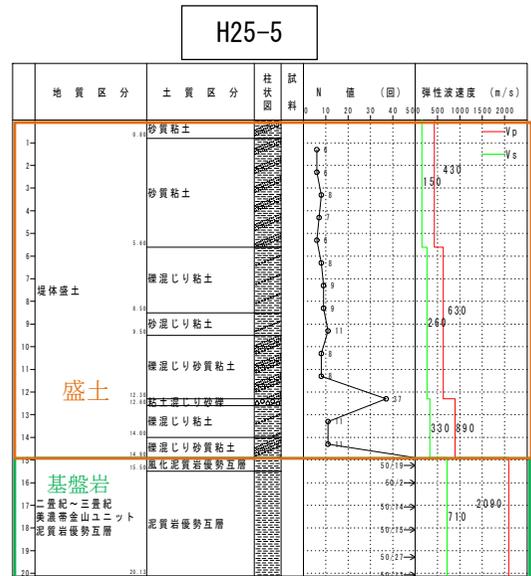
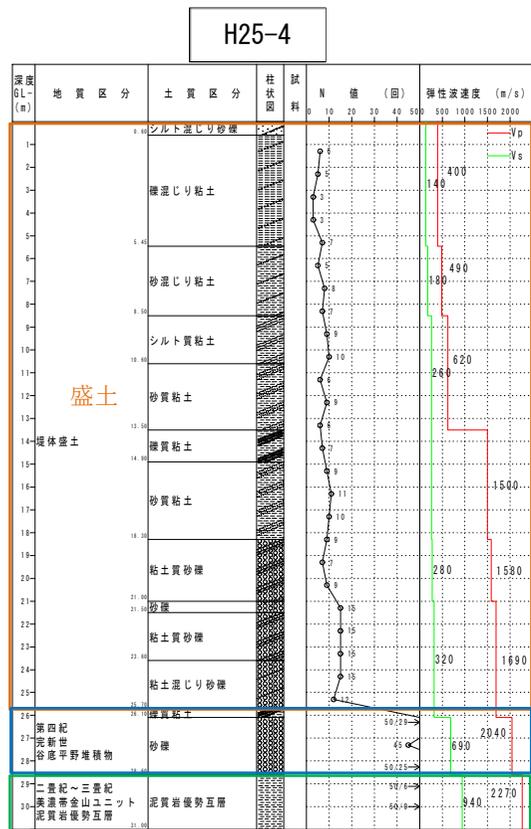
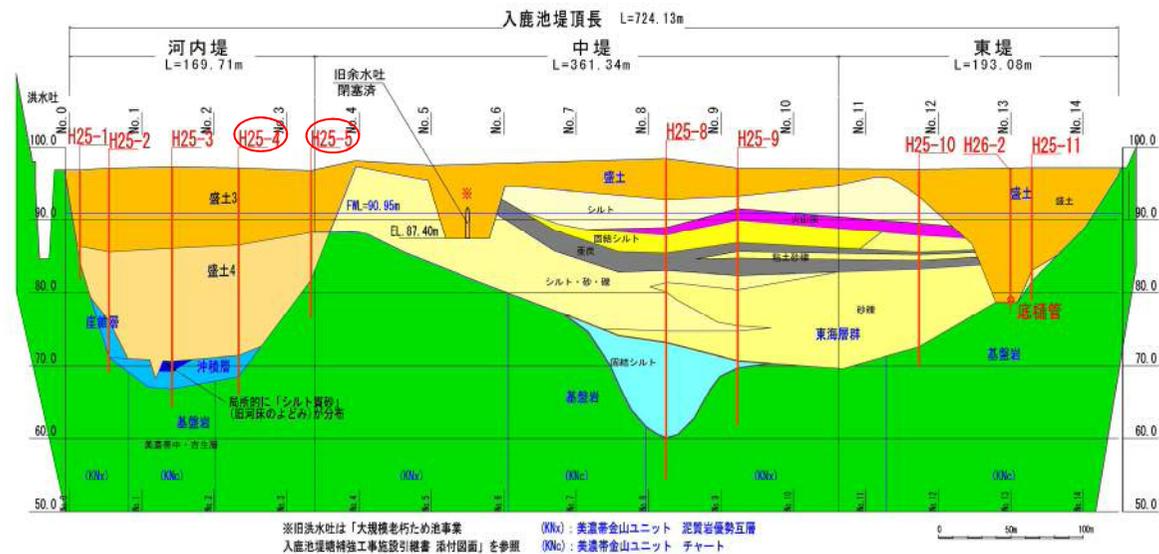


図 5.2.3 ボーリング調査結果(河内堤)

