

堺市南海高野線連続立体交差事業 鉄道構造形式の検討にかかる提言

平成 29 年 6 月

堺市南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会

目次

1	南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討の背景と委員会設置	
(1)	南海高野線連続立体交差事業における事業概要	1
(2)	南海高野線連続立体交差事業における事業目的と効果	1
(3)	事業区間と上町断層の関係	2
(4)	委員会設置の必要性	3
(5)	委員会での検討の前提条件及び検討内容	3
2	地質調査及び鉄道構造形式の検討結果	
(1)	ボーリング調査における地質分析及び対比	3
(2)	撓曲帯の評価	5
(3)	考慮すべき変位量	5
(4)	鉄道構造における断層変位解析	6
(5)	基礎構造形式における比較	7
3	堺市南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会提言	8
4	委員会の検討経過	
(1)	検討経過	9
(2)	委員会規則	10
(3)	委員名簿	12

1 南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討の背景と委員会設置

(1) 南海高野線連続立体交差事業における事業概要

- ・平成 21 年 4 月 新規着工準備採択の取得
- ・南海高野線の浅香山駅～堺東駅付近の連続立体交差化（約 3km）
- ・踏切 10 か所（うちボトルネック踏切 ● 2 か所）の除却
- ・概算事業費： 約 500 億円（高架・ラーメン構造）
- ・連続立体交差化される駅：浅香山駅、堺東駅

(2) 南海高野線連続立体交差事業における事業目的と効果

連続立体交差化により、踏切事故や踏切待ちの交通渋滞が解消し、分断されていた地域が一体的になることから、安全で快適なまちの形成につながる。

堺東地区は、政令指定都市の玄関口にふさわしい市街地の形成をめざしつつ、連続立体交差事業を推進させることにより、市全域の発展に寄与する。

また、浅香山地区は連続立体交差事業とあわせて、駅前交通広場などの都市基盤整備を進めることにより、地域の発展に寄与する。



図 1 事業区間位置図

(3) 事業区間と上町断層の関係

国土地理院の都市圏活断層図によると、一部断層位置が不明確となっている区間があるものの、本事業区間は、上町断層と縦断的に非常に近接している。

また、上町断層は逆断層であり、図面では鉄道の東側に断層の撓曲帯が形成されている。(都市圏活断層図によると撓曲帯とは断層変位が軟らかい地層内で拡散し、地表には段差ではなく、たわみとしてあらわれたものとして定義されている。)

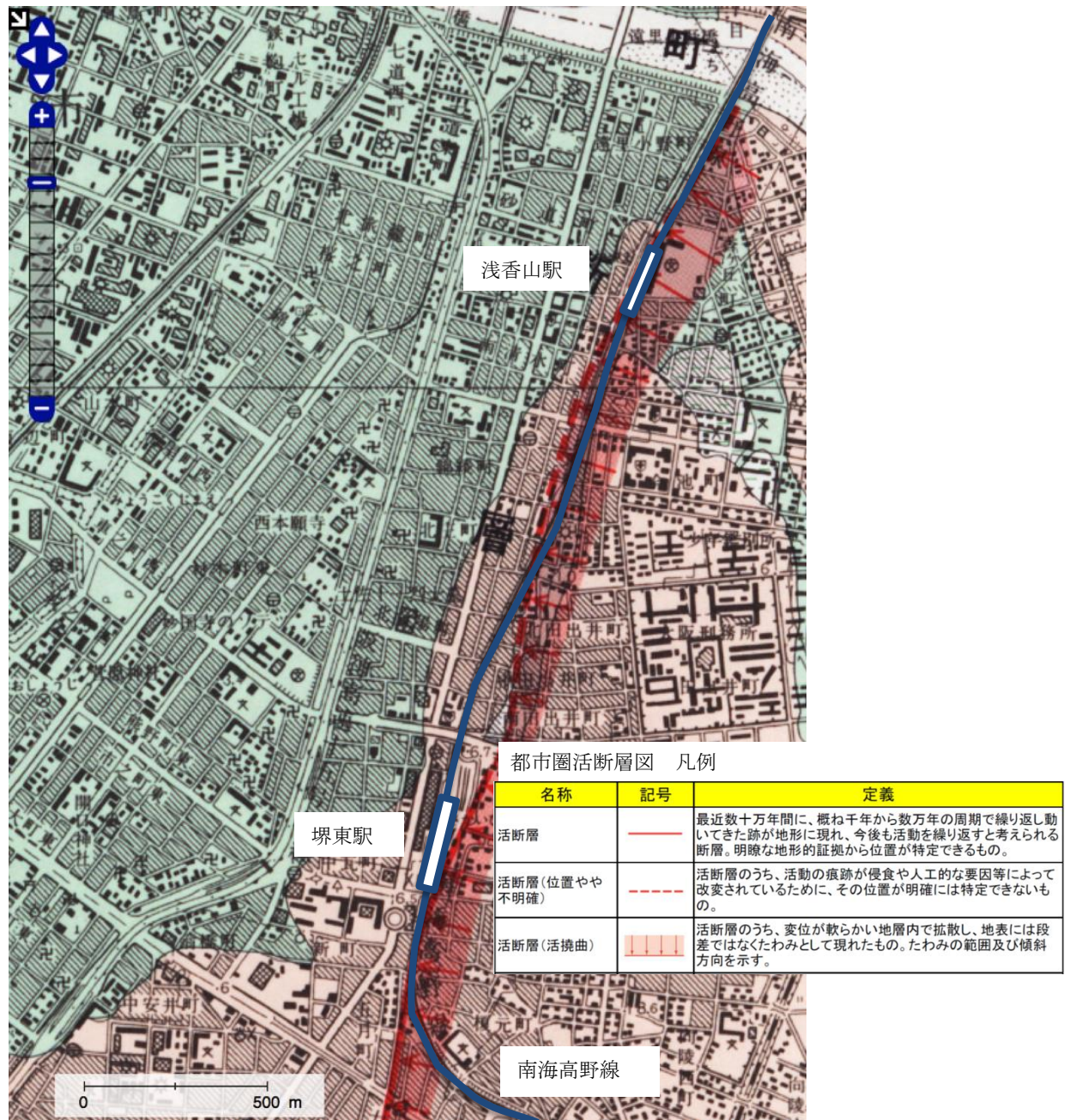


図2 事業区間と上町断層帯

(国土地理院(1996)2万5千分の1都市圏活断層図「大阪西南部」に加筆)

(4) 委員会設置の必要性

本事業は、本市の玄関口である堺東駅周辺地域における都心まちづくりの中核事業として、平成 21 年度に着工準備採択を取得し、事業化に向けて調査・検討を実施している。

日本は地震多発国であり、内陸においても活断層に関する地震が頻発している。鉄道構造物の公共性、生活や経済活動などへの重要性を考えると、地震に対する備えは十分に検討しておく必要がある。

本事業区域は、縦断的に上町断層が近接しており、これまでの鉄道構造形式に関する検討において、上町断層による影響、特に断層変位による影響を十分に考慮し、詳細な検討が必要であることが判明した。

そこで、各分野において専門的知識を有する学識経験者の意見を踏まえ、最適な鉄道構造形式を選定するために本委員会を設置するものである。

(5) 委員会での検討の前提条件及び検討内容

本委員会では、現在の鉄道位置での事業実施を前提とし、鉄道路線の変更は検討の対象としない。また、公共事業として安全性を保ちつつ、復旧性を考慮しながら、最適な費用を踏まえた鉄道構造形式を検討することとする。

上記を踏まえ、事業区間における上町断層帯の影響、特に断層変位の推定等の調査を行い、それらの影響を踏まえた最適な鉄道構造形式の選定を行うものである。

2 地質調査及び鉄道構造形式の検討結果

(1) ボーリング調査における地質分析及び対比

上町断層帯の撓曲構造の全体像及び考慮すべき断層変位量の推定を目的としたオールコアボーリング（図 3 参照）、コア観察、珪藻分析（地層の堆積環境の特定）、花粉分析（海成粘土層の特定）、火山灰分析（火山灰層の特定）を実施し、北ライン（図 4 参照）及び南ライン（図 5 参照）で対比を行った。

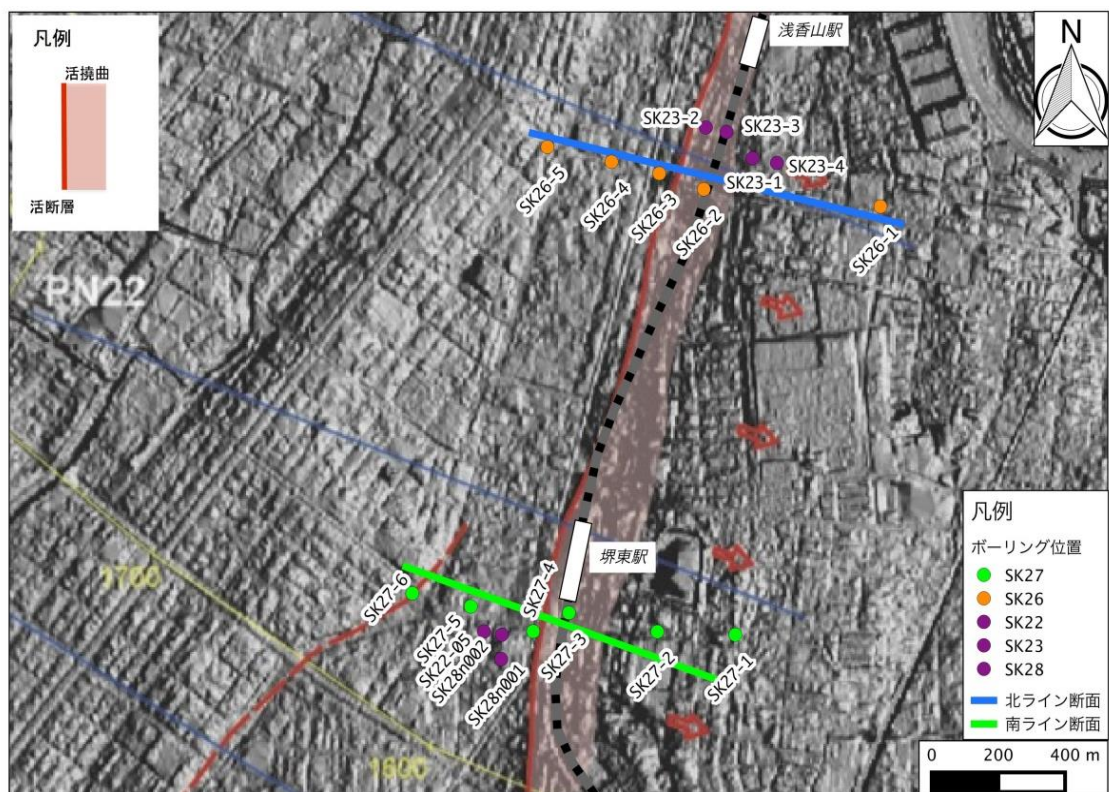


図3 ボーリング調査位置（文部科学省，2013 による上町断層重点調査結果に加筆）

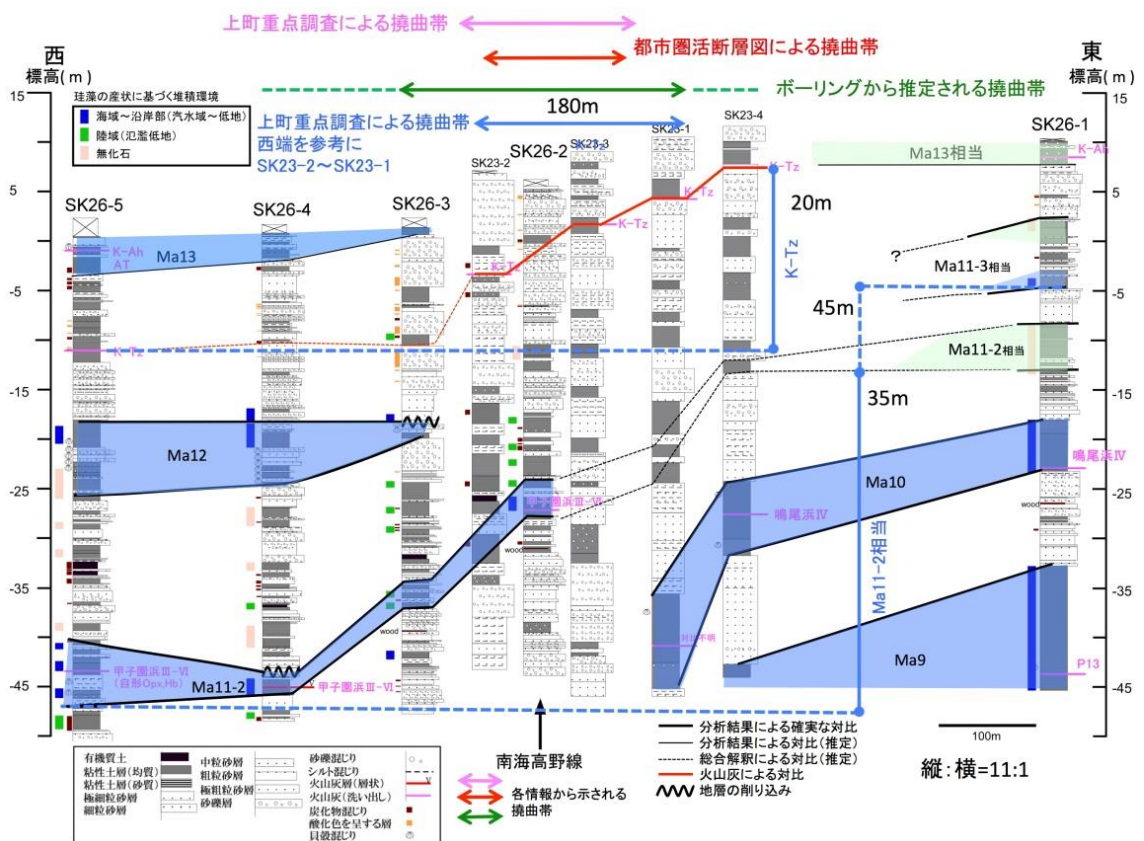


図4 北ライン断面図

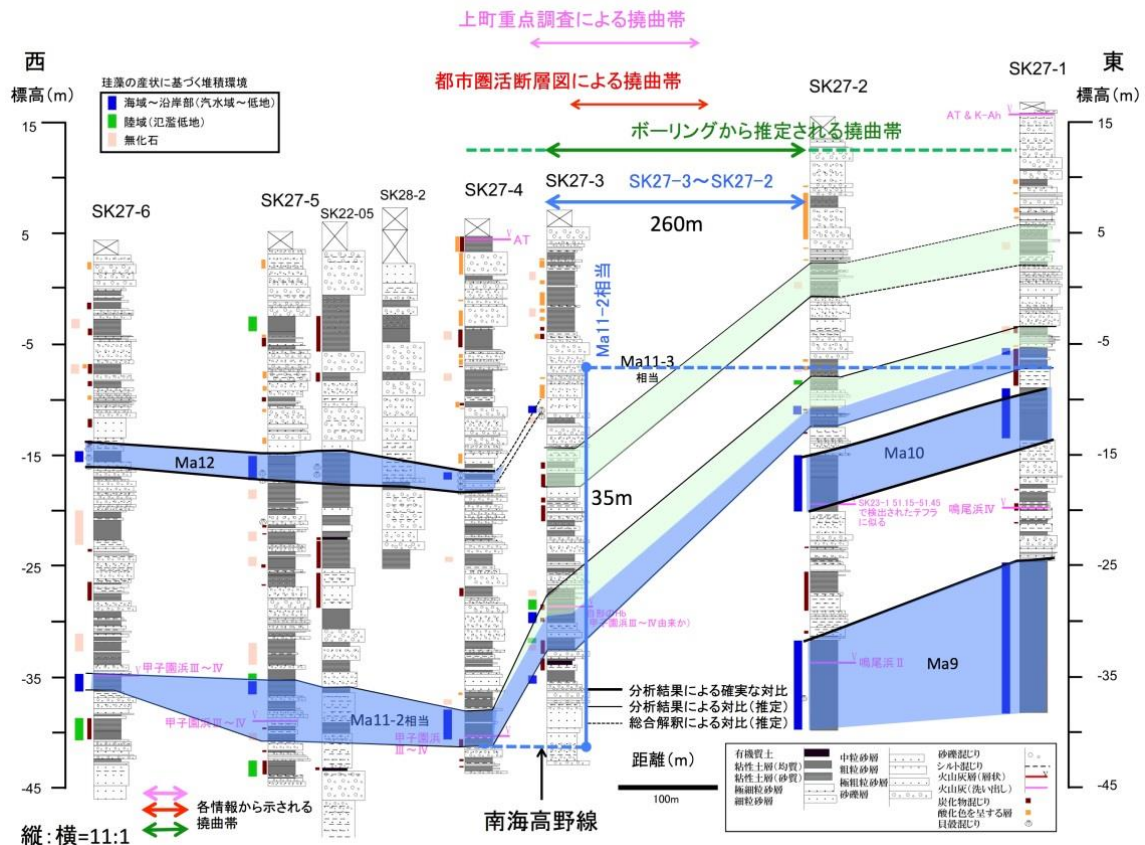


図5 南ライン断面図

(2) 撓曲帯の評価

ボーリングから推定される撓曲帯幅と都市圏活断層図(図2参照)や文部科学省地震調査研究推進本部による上町断層帯における重点的な調査観測成果(この提言では「上町断層重点調査結果」という(図3参照))と比較した場合、ボーリング調査による撓曲帯幅の方が広い。

ボーリングにおける撓曲帯の西端と地形的に整理された撓曲帯西端を比較した結果、上町断層重点調査結果における浸食の影響は都市圏活断層図よりも小さい可能性が考えられるため、上町断層重点調査結果の方がボーリング調査結果と整合的であることがわかった。

浸食に関しては、大阪市内におけるボーリングデータを用いた上町断層の検討でも、過去に海水面が上昇した期間に、地形的に高い部分が削られたいわゆる浸食の影響が確認されている(関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会, 2007)。

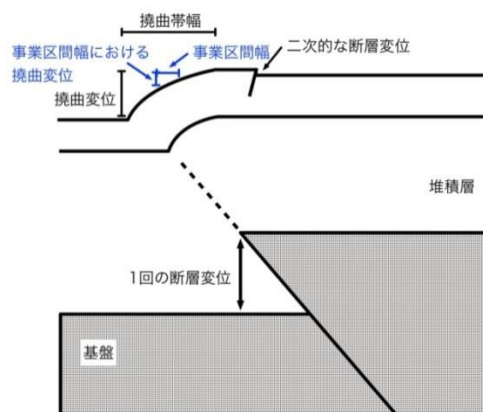
以上より、上町断層重点調査結果及びボーリング調査結果を踏まえると、事業区間は撓曲帯に位置すると考えられる。

(3) 考慮すべき変位量

ボーリング調査結果を整理して変位量を算出するとともに、それ以外の情報からも多角的に変位量を算出し、より安全側な評価となるよう比較検討を行った。

- ・ ボーリング調査から得られた変位量
北ライン・南ラインの K-Tz や Ma11-2 相当層の変位量とその地層の年代情報から得られた最大 1.7m（基盤における 1 回の断層変位量）を用いると、ボーリング調査における撓曲帯幅と地層の傾斜を考慮して事業区間幅（15m を想定）において、最大 21cm の撓曲変位量が得られた。
- ・ 地形情報から得られた変位量
事業区間の南側にある反射法地震探査（大阪府実施）で得られている 1 回の断層変位量 1.9m と上町重点調査結果において最も狭い撓曲帯幅とを組み合わせ事業区間幅において最大 26cm の撓曲変位量が得られた。
- ・ 国内地震時の情報から得られた変位量
上町断層による断層変位以外に二次的な断層変位が発生する可能性のあることから、国内で過去に発生した地震から 30cm 程度の断層変位を考慮する。

以上より、より安全側な評価となるように、最大級の変位として 30cm 程度の断層変位量を考慮して鉄道構造形式の検討を行った。



二次的な断層変位：国内地震の発生事例において事前に正確にその出現位置や変位量を予測するのは困難とされる。必ずしも出現するとは限らず、出現したとしても主要な断層変位に比べて出現する断層長さや変位量は小さい傾向にある。

図 6 得られた変位量についての概念図

（４）鉄道構造における断層変位解析

落橋防止、工事費の縮減、復旧性などの観点から 2 柱式 2 層ラーメン高架橋及び張出形式で、1 柱 1 杭式完全支持杭、直接基礎＋地盤改良、パイルド・ラフト基礎の 3 つの基礎構造で断層変位解析を行った結果、杭は可能な限り小さくし、引抜き抵抗を極力小さくすることが断層変位に対しては優位となることがわかった。

なお、断層変位解析による追従できる断層変位量は下記のとおりである。

- | | | |
|-------------------------|-------|-----------------------|
| ①1 柱 1 杭式完全支持杭の 3 径間高架橋 | | : 7.5cm 程度 |
| ②1 柱 1 杭式完全支持杭の 1 径間高架橋 | 【1 案】 | : 30cm 以上 |
| ③直接基礎＋地盤改良の 3 径間高架橋 | 【2 案】 | : 50cm 以上 |
| ④パイルド・ラフト基礎の 3 径間高架橋 | 【3 案】 | : 未実施（①と③の間になると推測される） |

(5) 基礎構造形式における比較

本事業区間における想定最大級の断層変位量 30cm に追随できる基礎構造形式を選定し、比較検討を行った。

		【1 案】1 柱 1 杭式完全支持杭		【2 案】直接基礎+地盤改良工法		【3 案】パイルドラフト基礎	
概要図							
構造形式	上部構造	1 径間RCラーメン高架橋		3 径間RCラーメン高架橋		3 径間RCラーメン高架橋	
	基礎構造	基礎スラブ + 完全支持杭		直接基礎 + 地盤改良		パイルドラフト基礎	
構造性能	暫定供用時	横地中梁がない状態でも地震時の要求性能を満足する。	◎	横地中梁がない状態では地震時の基礎の安定性を確保できないため、工事桁を設置して高架切替前に横地中梁を施工する必要がある。	-	横地中梁がない状態でも地震時の要求性能を満足する。	◎
	常時	一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎
	地震時	一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎
	断層変位時	30 c m程度の断層変位に抵抗できる	◎	30 c m以上の断層変位に抵抗できる	◎	今後の検証が必要だが、30 c m程度の断層変位に抵抗できる可能性は高い。	-
景観性		一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎	一般的な高架橋と同等	◎
使用性		1 径間ラーメンであるため、張出し径間の間隔が小さく、一般的な高架橋に比較して高架下の使用性がやや低下する。経済的な構造とするためには、張出し量を通常より大きくしたり、ゲルバー桁形式の採用が考えられるが、後者の場合は落橋防止に留意する必要がある。	△	基礎スラブ下の地盤やその地盤改良の状態にもよるが、完全支持杭に比べると初期沈下量が若干大きくなる可能性があるため、沈下量に留意する必要がある。	△	基礎スラブ下の地盤やその地盤改良の状態にもよるが、完全支持杭に比べると初期沈下量が若干大きくなる可能性があるため、沈下量に留意する必要がある。	△
施工性		一般的な高架橋と同等	◎	複数連の工事桁を設置する必要があるため、他案と比較して施工性に劣るが、工事桁設置方法は一般的な方法で施工可能である。	○	一般的な高架橋と同等	◎
経済性		基礎スラブの費用以外は、一般的な高架橋と同等となる。	◎	地盤改良工法や工事桁の設置により工事費は増大する。	△	地盤改良工法の併用により、工事費増大の可能性がある。	△
総合評価		当該構造物の建設地点で発生すると考えられる30 c m程度の断層変位には抵抗可能であり、その他の性能については一般的な高架橋と同等となる。		30 c m以上の断層変位に抵抗できるが、経済性に劣る。施工時には工事桁を設置するため、工事中的鉄道運行上のリスクは他案と比較して大きくなる。また、地震時に転倒する可能性について照査が必要となる。		直上施工区間の多径間ラーメン高架橋の基礎として優れている可能性があるが、国内では鉄道構造物としての採用事例がなく基準も整備されていないため、採用には更なる詳細な検討が必要となる。	

表 1 構造形式比較表

3 堺市南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会提言

本委員会で検討を行った上町断層の影響を考慮した鉄道構造形式の選定については、想定される断層変位に対して、過大な変位や応力により構造物が崩壊しないように構造形式を採用する必要があるため、以下①から③を事業化に向けた検討方針として提言する。

- ① 直上施工区間については、1 柱 1 杭式高架橋（1 径間）の採用が望ましい
- ② 直上施工区間以外で、3 径間の場合は直接基礎の採用を、1 径間の場合は 1 柱 1 杭式高架橋（1 径間）の採用を検討すること
- ③ 直上施工区間で 3 径間高架橋とする場合は、パイルド・ラフト基礎の優位性を検討すること

鉄道構造形式の検討過程における特筆すべき事項を下記に示す。

- ・ 地質分析における考察

事業区間は撓曲帯に位置すると考えられるため、より安全側な評価となるように、最大級の変位として 30cm 程度の断層変位量を考慮して鉄道構造形式の検討を行う必要がある。

計画路線沿いに実施された事前調査ボーリング（ノンコア）では、事業区間全体に、厚い軟弱層が存在することもなく、検討方針に影響がある地層はないことや、一部区間で地表面付近に良好な支持層と思われる地層が確認されるため、2 案の直接基礎や 3 案のパイルド・ラフト基礎の場合には、より有利な方向になると考えられる。

- ・ 各基礎構造の課題

1 柱 1 杭式完全支持杭の 1 径間高架橋は、張出し径間の間隔が小さいと、高架下の使用性がやや落ちるため、張出し部分を長くする検討や落橋防止に留意したゲルバー桁形式の採用の検討が必要である。また、突合部が多くなることから、軌道保守に関する詳細な検討が必要となる。

直接基礎＋地盤改良工法の 3 径間高架橋は、初期沈下量が若干大きくなる可能性がある。また、地盤改良や直上施工区間での工事桁の設置により施工難易度が高く、工事費の増大が懸念される。

パイルド・ラフト基礎の 3 径間高架橋については、直接基礎と同様に、地盤改良による工事費の増大が懸念され、初期沈下量が若干大きくなる可能性がある。また、国内では鉄道構造物としての採用事例がなく、基準も整備されていないため採用には更なる詳細な検討が必要となる。

堺市においては、上記の事業化に向けた検討方針を踏まえるだけでなく、事業区間が上町断層の直上にあることにも留意した地震動に対する対策も十分検討した上で、事業化に向けて取り組んでいただきたい。

4 委員会の検討経過

(1) 検討経過

回	開催日	議題
第1回	平成27年1月28日	(1) 役員の選出について (2) 南海高野線連続立体交差事業について ・事業概要 ・事業化に向けての流れ (3) 鉄道構造形式検討委員会について ・検討の前提条件 ・委員会で検討する内容 (4) 今後検討していく内容と進め方について ・事業区間における地盤状況 ・調査・検討内容 ・今後の進め方
第2回	平成27年7月7日	(1) 地質調査について ・北ラインにおける地質分析報告 ・南ラインにおける地質調査 (2) 鉄道構造形式の検討について ・ラーメン高架橋形式における検討状況報告 (3) その他
第3回	平成28年3月23日	(1) 地質調査について ・南ラインにおける地質分析状況 (2) 鉄道構造形式の検討について ・ラーメン高架橋形式における検討状況 (3) その他
第4回	平成29年4月28日	(1) 地質調査について ・ボーリング調査における地質分析結果 ・事業区間における断層位置・変位量 ・その他考慮すべき変位量 ・まとめ (2) 鉄道構造形式の検討について ・ラーメン高架橋形式における検討 (3) その他

(2) 委員会規則

堺市南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会規則

(趣旨)

第1条 この規則は、堺市附属機関の設置等に関する条例（平成25年条例第4号。以下「条例」という。）第7条の規定に基づき、堺市南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会（以下「委員会」という。）の組織及び運営について必要な事項を定める。

(委員長)

第2条 委員会に委員長を置き、委員の互選によりこれを定める。

2 委員長は、委員会を代表し、議事その他の会務を総理する。

3 委員長に事故があるとき、又は委員長が欠けたときは、委員長があらかじめ指名する委員がその職務を代理する。

(会議)

第3条 委員会の会議（以下「会議」という。）は、必要に応じて委員長が招集し、委員長がその議長となる。

2 委員会は、委員（議事に関係のある特別委員を含む。次項及び第5条第1項において同じ。）の過半数が出席しなければ、会議を開くことができない。

3 委員会の議事は、出席委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(関係者の出席)

第4条 委員長は、必要があると認めるときは、議事に関係のある者の出席を求め、その意見若しくは説明を聴き、又は資料の提出を求めることができる。

(会議の公開等)

第5条 会議は、公開するものとする。ただし、委員長は、会議の内容が次の各号のいずれかに該当すると認めるとき、又は出席委員の過半数の同意があるときは、会議の全部又は一部を非公開とすることができる。

(1) 堺市情報公開条例（平成14年条例第37号）第7条各号に掲げる情報について審議するとき。

(2) 会議を公開することにより、公正又は円滑な審議が著しく阻害され、会議の目的が達成できないとき。

2 会議を公開する場合における傍聴について必要な事項は、市長が別に定める。

(会議録)

第6条 委員長は、次に掲げる事項を記録した会議録を作成しなければならない。

(1) 会議の日時及び場所

(2) 会議に出席した委員、特別委員及び専門委員の氏名

(3) 議事の内容

(4) 前3号に掲げるもののほか、委員長が必要と認める事項

(守秘義務)

第7条 委員会の委員、特別委員及び専門委員は、職務上知り得た秘密を漏らしてはならない。
その職を退いた後も同様とする。

2 第4条の規定により会議に出席した者は、会議において知り得た秘密を漏らしてはならない。

(庶務)

第8条 委員会の庶務は、連続立体推進課において行う。

(委任)

第9条 この規則に定めるもののほか、委員会の運営について必要な事項は、委員長が委員会に諮って定める。

附 則

(施行期日)

1 この規則は、平成27年1月1日から施行する。

(経過措置)

2 この規則の施行後及び委員の任期満了後最初に行われる会議の招集は、第3条第1項の規定にかかわらず、市長が行う。

(堺市事務分掌規則の一部改正)

3 堺市事務分掌規則（昭和47年規則第14号）の一部を次のように改正する。

別表第1建設局道路部連続立体推進課推進係の分掌事務を定める部分中第4号を第5号とし、第3号の次に次の1号を加える。

(4) 南海高野線連続立体交差事業鉄道構造形式検討委員会に関すること。

(3) 委員名簿

(五十音順、敬称略)

氏名	団体・役職名	専門分野
岩田 知孝	京都大学防災研究所 地震災害研究部門強震動研究分野 教授	地震動分野
○鋤田 泰子	神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻 准教授	土木耐震設計分野
◎澤田 純男	京都大学防災研究所 地震災害研究部門耐震基礎研究分野 教授	土木耐震設計分野
竹村 恵二	京都大学大学院理学研究科附属 地球熱学研究施設 教授	地質学分野
室野 剛隆	公益財団法人鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター 研究センター長	鉄道構造物における 耐震設計分野

◎：委員長

○：委員長代理