

北鎌倉隧道安全対策検討業務委託
第 2 回委員会資料

参考資料 1 既往資料調査

平成 29 年 1 月 30 日

一般社団法人 日本トンネル技術協会

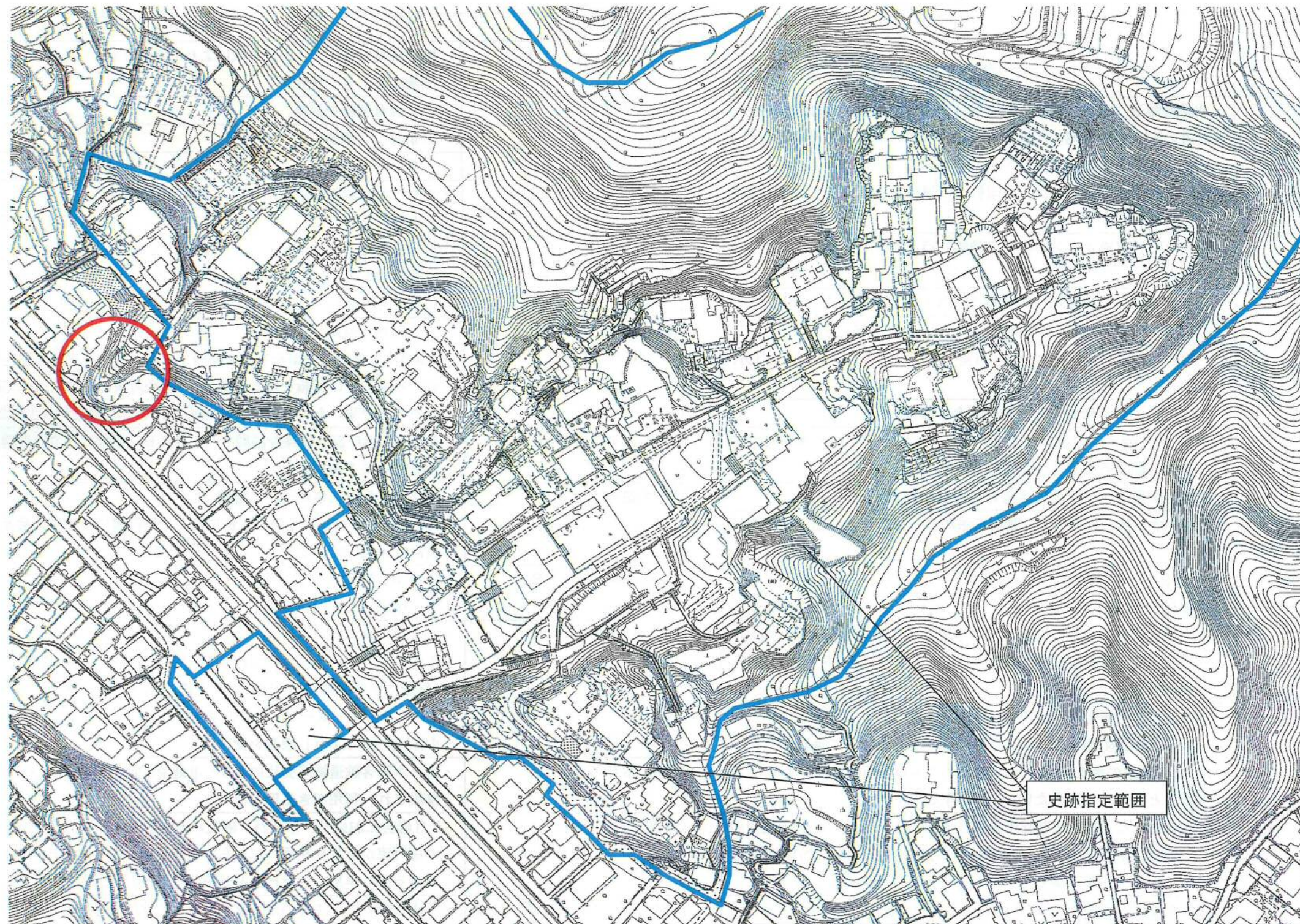
1. 既往資料調査

1-1 これまでの経緯

日付等	概要
昭和 63 年	<ul style="list-style-type: none"> 北鎌倉隧道（以下「隧道」という。）大船側で大規模な崩落が発生。 隧道の安全対策を地元提案したが、一部の市民から景観面での反対意見があり事業着手に至らなかった。 当時、隧道部分の土地は、旧国鉄と旧建設省が所有しており、鎌倉市の土地はなかった。
平成 8 年度	<ul style="list-style-type: none"> 安全対策を実施するための地元調整を行ったが、事業着手に至らなかった。
平成 16 年度	<ul style="list-style-type: none"> 国土交通省から隧道部分の土地の譲与を受け、市道とした。
平成 17 年度	<ul style="list-style-type: none"> 「北鎌倉トンネル調査業務委託 市道 434-046 号線」を実施。
平成 22 年 3 月	<ul style="list-style-type: none"> 『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』が刊行される。
平成 22 年 6 月～平成 23 年 11 月	<ul style="list-style-type: none"> 地元と副市長も加わった市の懇談会を開催。
平成 22 年 10 月 7 日	<ul style="list-style-type: none"> 地元 11 自治・町内会から市長あてに「北鎌倉駅ホーム脇道路の安全対策に関する要望書」が提出された。
平成 25 年 12 月	<ul style="list-style-type: none"> 北鎌倉駅裏トンネルの安全対策協議会を設置。
平成 26 年 11 月	<ul style="list-style-type: none"> 安全対策協議会において、開削工法により工事を進めることが確認された。
平成 26 年 1 月～平成 27 年 3 月	<ul style="list-style-type: none"> 「北鎌倉トンネル改修設計等業務委託 市道 434-046 号線」を実施。
平成 26 年 12 月	<ul style="list-style-type: none"> 市議会 12 月定例会において 「北鎌倉駅裏トンネル安全対策の早期実現を求める陳情」が採択、 「緑の洞門（北鎌倉駅沿いの岩塊・トンネル）の保存を求める陳情」は継続審査となった。
平成 27 年 2 月 25 日	<ul style="list-style-type: none"> 市議会 2 月定例会で、市長が「安全と景観の両立ができるのが一番である。安全対策についても再度ここで立ち止まって検証して行きたい。（既往の調査結果については）ほかの機関にも検証をしてもらうことをやっていきたい。」との考えを述べた。
平成 27 年 3 月 31 日	<ul style="list-style-type: none"> 公益財団法人 神奈川県都市整備技術センターから、北鎌倉隧道の点検調査結果が報告され、「利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い」、「緊急に対策を講じる必要がある」と報告された。
平成 27 年 4 月 28 日	<ul style="list-style-type: none"> 北鎌倉隧道を道路法第 46 条に基づき通行禁止とした。
平成 27 年 5 月 29 日	<ul style="list-style-type: none"> 平成 17 年度及び平成 25 年度の調査結果について、第三者による検証をするため、「北鎌倉隧道安全性検証等業務委託」を実施。

日付等	概要
平成 27 年 8 月 20 日	<ul style="list-style-type: none"> 検証結果を踏まえ、市長決裁により、隧道の安全対策を開削工法により実施することを決定。
平成 28 年 1 月 29 日	<ul style="list-style-type: none"> 工事請負契約を締結。
平成 28 年 4 月 4 日	<ul style="list-style-type: none"> 工事着工（準備工）。
平成 28 年 4 月 14 日	<ul style="list-style-type: none"> 工事一時休止。
平成 28 年 5 月 24 日	<ul style="list-style-type: none"> 文化庁記念物課調査官による現地調査を実施。 文化財としての価値があり保存していくべきとの指摘、専門家による検討会を設置し、文化財としての価値を議論するよう指導を受けた。
平成 28 年 6 月 7 日	<ul style="list-style-type: none"> 市長が文化庁記念物課を訪問し、文化財専門委員会に外部から専門家を招き意見を聞く考えを示した。
平成 28 年 7 月 8 日	<ul style="list-style-type: none"> 文化財専門委員会を開催。 「尾根は文化財的価値を有する場所であり、国指定史跡の指定を図っていくべき」との結論を得た。また、「安全対策の工法については、文化財を守る立場からは現状保存を求める」などの意見が示された。
平成 28 年 7 月 15 日	<ul style="list-style-type: none"> 市長が文化庁記念物課を訪問し、7 月 8 日に開催した文化財専門委員会の審議結果を報告した。
平成 28 年 8 月 8 日	<ul style="list-style-type: none"> 文化庁と仮設工事について協議。 工事については、文化財や工法に詳しい専門家による委員会を設置して検討し、通行できるようにするよう指導を受けた。
平成 28 年 8 月 11 日	<ul style="list-style-type: none"> 隧道鎌倉側坑口とその周辺ではく落が発生。 安全確保のため、バリケードの範囲を広げ、引き続き通行禁止とする。
平成 28 年 8 月 30 日	<ul style="list-style-type: none"> 文化庁によるはく落状況の現地視察を実施。 応急対策の土のう積みについて了解を得た。 「早急に専門家の意見を聞いて工法を決める必要がある」、「仮設については、本設をイメージしながら実施するよう」、「仮設についても専門家の意見を聞くよう」指導を受けた。
平成 28 年 9 月 1 日	<ul style="list-style-type: none"> 東日本旅客鉄道株式会社により、北鎌倉駅臨時改札口が鎌倉側に約 15m 移設され、利用できる形となった。
平成 28 年 9 月	<ul style="list-style-type: none"> 9 月議会において、市長が「隧道の安全対策については、文化財や土木の専門家から意見を伺いながら、工法を検討し、文化庁と協議を行い、できる限り早期の通行再開を目指していく。」と答弁した。
平成 28 年 10 月 19 日～24 日	<ul style="list-style-type: none"> 平成 28 年 8 月 11 日のはく落をうけ、二次的なはく落への対策として、大型土のう、仮囲いフェンスの設置工事を実施。
平成 28 年 11 月 10 日	<ul style="list-style-type: none"> 第 1 回北鎌倉隧道安全対策検討委員会 開催

1-2 史跡指定範圍 (昭和42年指定)



(出典：平成28年7月8日文化財専門委員会『資料2』)

1-3 国指定史跡円覚寺境内保存管理計画

① 史跡を構成する諸要素の区分 (出典 p. 88~89)

史跡の保存管理の方法等を策定するにあたっては、史跡としての文化財的価値を示す重要な諸要素の明確化を図っていくことが必要である。

本保存管理計画では、史跡としての文化財的価値を保存する上で重要となる諸要素を次のとおり史跡の「本質的価値を構成する諸要素」として抽出した。

さらに、史跡円覚寺境内では歴史と伝統を守りながら宗教活動が継続されてきたことにより文化財としての本質的価値が伝えられてきた経過等を踏まえ、以下のとおり史跡を構成する諸要素を分類した。

表5 史跡を構成する諸要素

<p><u>本質的価値を構成する諸要素</u></p>	<p>史跡円覚寺境内の文化財的価値を構成する重要な諸要素で基本的に以下のものを指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歴史的建造物……文化財保護法等により文化財に指定されている建造物(※) ・名勝庭園……名勝庭園の主たる構成要素となっているもの ・天然記念物……文化財保護法等により天然記念物に指定されているもの ・埋蔵文化財……主に史跡指定の根拠と深く関わるもの ・歴史的構造物及び地形 ……切岸、やぐら等の遺構 <u>中世以来保持されてきた人工地形及び自然地形</u>
<p>本質的価値に密接に関わる諸要素</p>	<p>上記の史跡としての本質的価値に密接に関わる諸要素で基本的に以下のものを指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歴史的建造物……指定建造物以外の本山の主要伽藍及び塔頭の寺院建造物(※) ・構造物等……円覚寺の歴史的環境や風致を保全する上で重要な構造物や樹林等
<p><u>その他の要素</u></p>	<p>上記の諸要素に含まれない宗教活動上の施設や維持管理上必要な施設等及び寺院以外の建造物や構造物等の諸要素を指す。</p>

(※) 現段階で文化財に指定されていない建造物が指定された場合、または今後の調査等の進展によって指定建造物と同等の重要性・評価が関係者により明確となった場合は、本質的価値を構成する諸要素に含めるものとする。

各諸要素の具体的な主な内容を以下に示す。

■本質的価値を構成する諸要素

- ①歴史的建造物
舍利殿(国宝)、山門(県指定重要文化財)、
正統院開山堂、正統院宿竜殿、正統院鐘楼(以上、市指定有形文化財)
- ②名勝庭園
妙香池、虎頭岩、方丈裏池、仏殿前庭、白鷺池
- ③天然記念物
仏殿前庭の柏槇、方丈前庭の柏槇、正統院内のウスキモクセイ(以上、市指定天然記念物)
- ④埋蔵文化財
主として、史跡指定理由となっている元弘3年から建武2年の円覚寺境内絵図(国指定重要文化財)及び寛政3年の円覚寺境内絵図に描かれている諸堂等に関連する遺構(法堂跡、華嚴塔跡、僧堂跡、庫院跡等)
- ⑤歴史的構造物及び地形
切岸、やぐら等の遺構
中世以来保持されてきた三方を丘陵に囲まれた谷戸に雛壇状に造成された人工地形及び丘陵、谷戸の自然地形

■本質的価値に密接に関わる諸要素

- ①歴史的建造物
指定建造物以外の本山の主要伽藍(仏殿、方丈、書院、庫裏等)
塔頭の寺院建造物
- ②構造物等
上記以外の円覚寺の歴史的環境や風致を形作っている本山及び塔頭における構造物や樹林・樹木等

■その他の要素

- ①近代以後に造成された墓地
- ②維持管理用施設
便益施設(案内所、休憩所、便所、茶店、ベンチ、案内・説明板、自動販売機等)
防災施設(ドレンチャー、ロックネット、ネットフェンス等)
その他施設(駐車場等)
- ③寺院以外の建築物、構造物等
幼稚園関連施設、一般住宅関連施設、消防分団施設、その他構造物(県道、市道、水路、擁壁、電柱、上下水道等)、畑等

(出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010)

② 諸要素区分ごとの保存管理の基本的な考え方 (出典 p. 90)

諸要素の区分ごとの基本方針及び保存管理の方法の設定にあたって、基本的な考え方を以下のとおり示す。

- ・史跡の「本質的価値を構成する諸要素」及び「本質的価値と密接に関わる諸要素」については、特に諸要素の歴史的、文化財的価値を損うことのないよう適切な保存管理を行うものとする。
- ・史跡の「その他の要素」については、周囲の景観や風致を損なわないよう管理を行うものとする。

なお、本保存管理計画における「適切な保存管理」とは、必要に応じて専門家の意見を取り入れるなど、その歴史的、文化財的価値を損なわないように十分配慮するとともに、周辺の環境や景観との調和を十分に図りながら実施することをいう。

③ 地区区分図 (出典 p. 92)

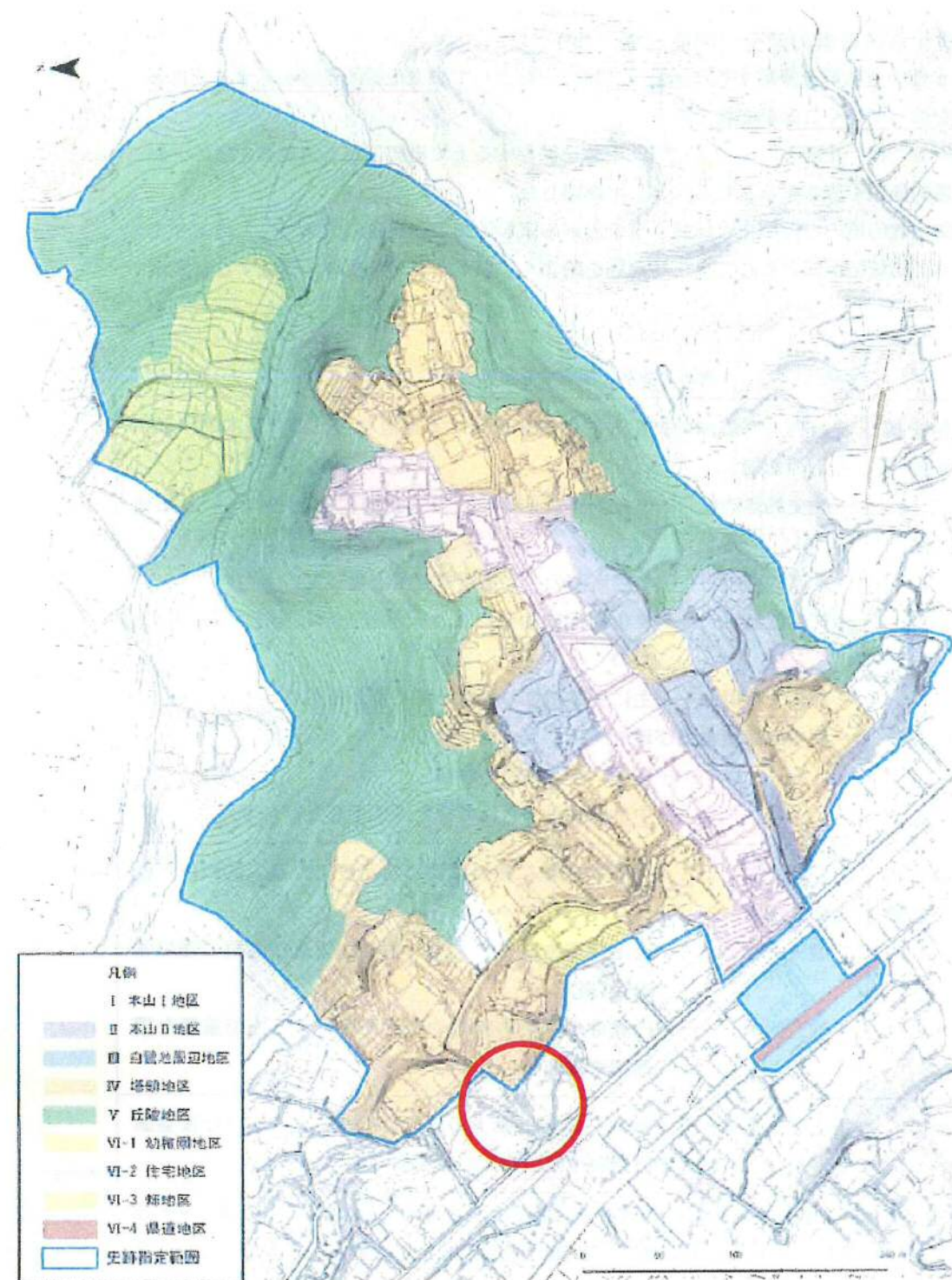


図 29 地区区分図

(出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010 に加筆)

【管理区分】 V. 丘陵地区 . . . 史跡指定地内の丘陵地区で、切岸や崖地を含む範囲
 境内の環境・風致の保全に密接に関わる丘陵の自然地形や切岸、やぐらなどの歴史的建造物が所在する地区
 (円覚寺境内を囲む自然地形は、大きく改変されることなく引き継がれており、境内の環境及び景観の保全に密接に関わっている。)

本質的価値を構成する諸要素	本質的価値に密接に関わる諸要素	保存管理区分ごとの基本方針	保存管理の方法
<p>⑤歴史的建造物及び地形 切岸、やぐら等の遺構 雑壇状に造成された人工地形 丘陵・谷戸の自然地形</p>	<p>②建造物等 境内の風致を形 作っている構造 物、樹林・樹木等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・境内の周辺環境を形成する地区として十分に配慮しながら、史跡として適切な保存管理を行う。 ・宗教活動の周辺環境を形成する地区として十分に配慮する。 ・景観の向上に努める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・史跡がき損もしくは衰亡している場合には、必要に応じ、学術的調査の成果等を踏まえて、復旧・修理を行う。 ・樹木の根系等が史跡の本質的価値を構成する諸要素の保全を脅かす場合には、保全を優先した対策をとるものとする。 ・崩落、落石、土砂流出等の危険が予測される箇所については、適切な植生管理を行い、植生による山林の崩壊等を防止するとともに、災害防止の措置を講じる。 ・防災等の対策にあたって、擁壁等工作物の設置が不可避である場合は、史跡への影響を最小限に抑え、かつ景観に配慮した工法をとるものとする。 ・便益施設等の設置にあたっては、その必要性和設置場所を十分検討するとともに、史跡としての環境及び景観に配慮した上で行うものとする。

⑤ 現状変更等の行為に対する取扱基準（出典 p. 100～101）

a. 基本的な考え方

- ・ 史跡等の指定地内において現状変更等の行為を行おうとする場合には、文化財保護法第 125 条の規定により文化庁長官の許可（一部は鎌倉市教育委員会に許可権限が委譲されている。）が必要とされている。
- ・ そのため、保存管理区分ごとの基本方針及び保存管理の方法等に基づきながら、想定される建築物の**新增改築・除却、工作物の設置・改修・除却、地形の変更及び木竹の伐採等の史跡における現状変更等の行為に対する取扱基準を定めることにより、史跡としての適切な保存管理に資するものである。**
- ・ 現状変更等の行為に対する取扱基準は、保存管理区分ごとにまとめていくが、原則として次の事項を共通指針とする。
 - (a) 史跡の本質的価値を構成する諸要素を改変する行為等については、保全及び復旧等の措置に限るものとする。
 - (b) 地形を改変する行為等は、軽微なものに留めることとする。
 - (c) 史跡としての環境及び景観の維持・保全に大きな影響を及ぼさないこととする。
 - (d) 現状変更等にあたり、事前の調査等により重要な遺構等が確認された場合には、設計変更等を行うなどその保存を図るものとする。

c. 許可申請区分

① 現状変更等の許可を要しない行為

以下の事項に係る行為は、原則として現状変更等の許可を要しない。
ただし、実際の行為がこの事項に該当するか否かについては、事前に協議して確認するものとする。

《史跡の維持の措置に関するもので次に該当する行為》

- (a) 破損箇所の充填や元位置への据え直し等の原状回復に係る措置
- (b) 損壊箇所または周辺の仮養生（盛土、土留め用柵・土のう等の設置）、及び損壊物等（土砂、建築物等の残骸、樹木等）の除去など、史跡のき損・衰亡の拡大防止のための応急措置

《非常災害のために必要な応急措置に関する行為》

- (a) 保護及び養生の措置（盛土、土留め、土のう等の設置）、損壊要因等（土砂、建築物等の残骸、樹木等）の除去など、遺構等の損壊防止のための応急措置
- (b) 土留め養生、排水処理等の実施など、地形や建築物等の損壊及び崩壊防止のための応急措置
- (c) 公益上必要な維持管理施設・設備等の代替の設置等の応急措置

《史跡に及ぼす影響が軽微な日常の維持管理行為》

- (a) 危険木、枯損木等の伐採、枝打ち、剪定等の樹林・樹木の管理上の措置
- (b) 建築物の補修や物置等の撤去などの保守管理上の措置
- (c) 損壊の予防や小規模の復旧等の措置
- (d) 進路案内標や注意札等の維持管理に係る簡易な設置物の設置

② 鎌倉市教育委員会の許可に関する事項

以下の事項に係る行為については、原則として鎌倉市教育委員会の許可によるものとする。
ただし、実際の行為がこの事項に該当するか否かについては、事前に協議して確認するものとする。

《設置期間が3ヶ月以内の小規模建築物の新築、増築、改築または除却》

- (a) 小規模建築物は、無地階、2階建て以下の木造等で、増改築後の建築面積が120㎡以下の建築物とする。
- (b) 設置期間の更新が予め予想される新築、増築等を除くものとする
- (c) 木竹の伐採を伴う場合は、別途許可申請を要するものとする

《工作物の設置、改修または除却》

- (a) 建築物を除くものとする
- (b) 木竹の伐採を伴う場合は、別途許可申請を要するものとする
- (c) 県道、市道等における許可申請区分は、別途定める。

※上記の①及び②の行為に係る措置は、代表的なものの例示であり、詳細は平成19年10月に神奈川県教育委員会生涯学習文化財課が作成した「指定文化財保存管理の手引き」による。

（出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010）

(出典 p. 106)

保存管理区分	本質的価値を構成する諸要素	本質的価値に密接に関わる諸要素	現状変更等の行為に対する取扱基準
<u>丘陵地区</u>	⑤歴史的建造物及び地形 切岸、やぐら等の遺構 雛壇状に造成された人工地形 <u>谷戸の自然地形</u>	②建造物等 境内の風致を形作っている 建造物、樹林・樹木等	<p>《<u>現状変更等が想定される主な行為</u>》 (史跡等の維持・保全・整備関連) ・史跡及び地形等の維持・保全上必要不可欠な行為 ・学術的調査の成果を踏まえて行う史跡等の整備に関する行為</p> <p>(宗教活動関連) ・宗教活動上、必要不可欠な行為</p> <p>(<u>防災・安全管理・植栽管理上の措置関連</u>) ・<u>防犯・防災上必要な施設、人命・財産の安全に係る施設の設置等</u></p> <p>《<u>現状変更許可申請を要しない主な行為</u>》 (宗教活動関連) ・宗教活動に係わる年中行事等のため必要な短期間の仮設物等の設置等 (史跡等の現状に大きく影響を及ぼさないものに限る)</p> <p>(<u>植栽の維持管理関連</u>) ・<u>枯損木・傾斜木等の伐採、樹木の間伐・枝下ろし、下草刈り、病害虫の防除措置等の維持管理行為 (抜根は除く)</u></p>

(出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010)

⑥ 植生管理 (出典 p. 112)

(1) 基本的考え方

史跡及び名勝庭園指定地内において、以下の基本的考え方に基づき、適切な植生管理を行うものとする。

- ・ 史跡の本質的価値を構成する要素の保護を図る。
- ・ 史跡としての風致・景観を維持する。
- ・ 防災・安全性の確保に努める。
- ・ 新たな植栽を行う場合には、地域の風土や歴史に配慮した在来の植物の利用に努める。

(2) 植生管理区分

適切な植生管理を行うため、第3章-2.(3)で示した史跡の保存管理のための地区区分(史跡保存管理区分)を基に、現況植生の特徴や地形及び土地利用の状況等を踏まえて、植生管理のために地区区分を新たに設定する(表9、図32参照)。設定した各管理区分ごとに、管理方針及び管理方法を定めることとする。
巻末123頁

表9 史跡の保存管理区分と植生管理区分

史跡保存管理区分	植生管理区分	
I. 本山I地区 II. 本山II地区 III. 白鷺池周辺地区 IV. 塔頭地区	a. 境内地区	本山、塔頭及び白鷺池周辺の主に平坦地で構成される範囲
V. 丘陵地区	b. 丘陵a地区	境内の平坦地に接する斜面部および山麓部
	c. 丘陵b地区	尾根から山腹にかけての範囲
VI. その他地区	d. 畑地区	畑地区と同じ、史跡指定地北東側の畑地の範囲
	e. その他地区	幼稚園地区、住宅地区と同じ、境内地区の中に散在する住宅及び幼稚園の範囲
	VI-3 畑地区	
	VI-1 幼稚園地区 VI-2 住宅地区	
VI-4 県道地区	県道地区	県道地区と同じ、史跡指定地内の県道の範囲

(3) 植生管理方針 (出典 p. 114)

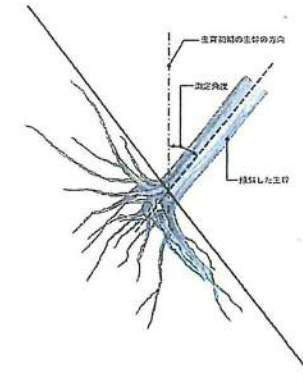
c. 丘陵b地区

日常的な人の立ち入りが少ないため、最小限の管理により自然性の高い樹林環境を保全する。ただし、散策路周辺は利用者が多いため、安全性の確保に特に留意するとともに、散策路沿いに生育するサクラ類を始めとする大径木は、安全性に留意しながら、可能な限り将来に継承していく。

また、特にスギ植林は倒木や枯損木が多く見られる状況であるため、その立地が災害に繋がる可能性の高い場合には、不良木を除去するなど、安全かつ良好な樹林環境の保全に努める。

- ・ 枯れ枝、枯損木、傾斜木、倒木等の除去による安全管理を実施する。
- ・ 散策路沿いは、特に安全性の確保に留意する。
- ・ スギまたはヒノキ植林は、現状で立木密度が過密であるため、枯損木や生育不良木が数多く見られる場合や、林床植生の発達状況が不良である場合には、適宜間伐等を実施する。
- ・ サクラ類を始めとする大径木については、安全性に留意しながら、可能な限り保護育成を図る。

(出典 p. 118)



主幹の傾斜と処置

区分	主幹の角度	処置
A	0-30度	健全。放置でかまわない。
B	30-60度	樹冠を減少させ、幹軸の曲げモーメントを減少させる。
C	60度以上	伐採後、萌芽更新を行う。

図31 樹木の傾斜特性 (中川, 2001)

樹木根には、地表近くの養分や水分を吸う浅根と、地下に深く伸びる深根があり、深根は著しい乾燥状態の時に枯れないよう水を確保する機能や、樹木を垂直に立たせる機能を持つ。また樹木根の深さは樹種によっても異なる。浅根性の樹木群は遷移期段階に出現するものも多く、成長は速いが、後に幹軸が傾く性質がある。反対に極相林を構成する樹木群では、幹軸が傾きにくい性質を持つ。

傾斜地において樹木が成長し樹冠が重くなると、樹木は斜面下方に掛かる重力を出来るだけ軽減するため、幹軸を上方に傾けようとする。ただし、成長した樹木を長期間放置した場合、浅根性の樹木では、樹冠の重さにより樹木根が持ち上がり、幹軸が著しく傾斜したり、表土を不安定にすることがある。

樹木の幹軸の傾き度合いを調べるためには、図31に示す主幹の角度を測定する。これまで神奈川県野生樹木は約2000本が調査されている。調査に基づき、主幹の傾斜とその処置については、表に示す3つに区分されている。

(出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010)

5. 追加指定の考え方

(1) 現状と課題

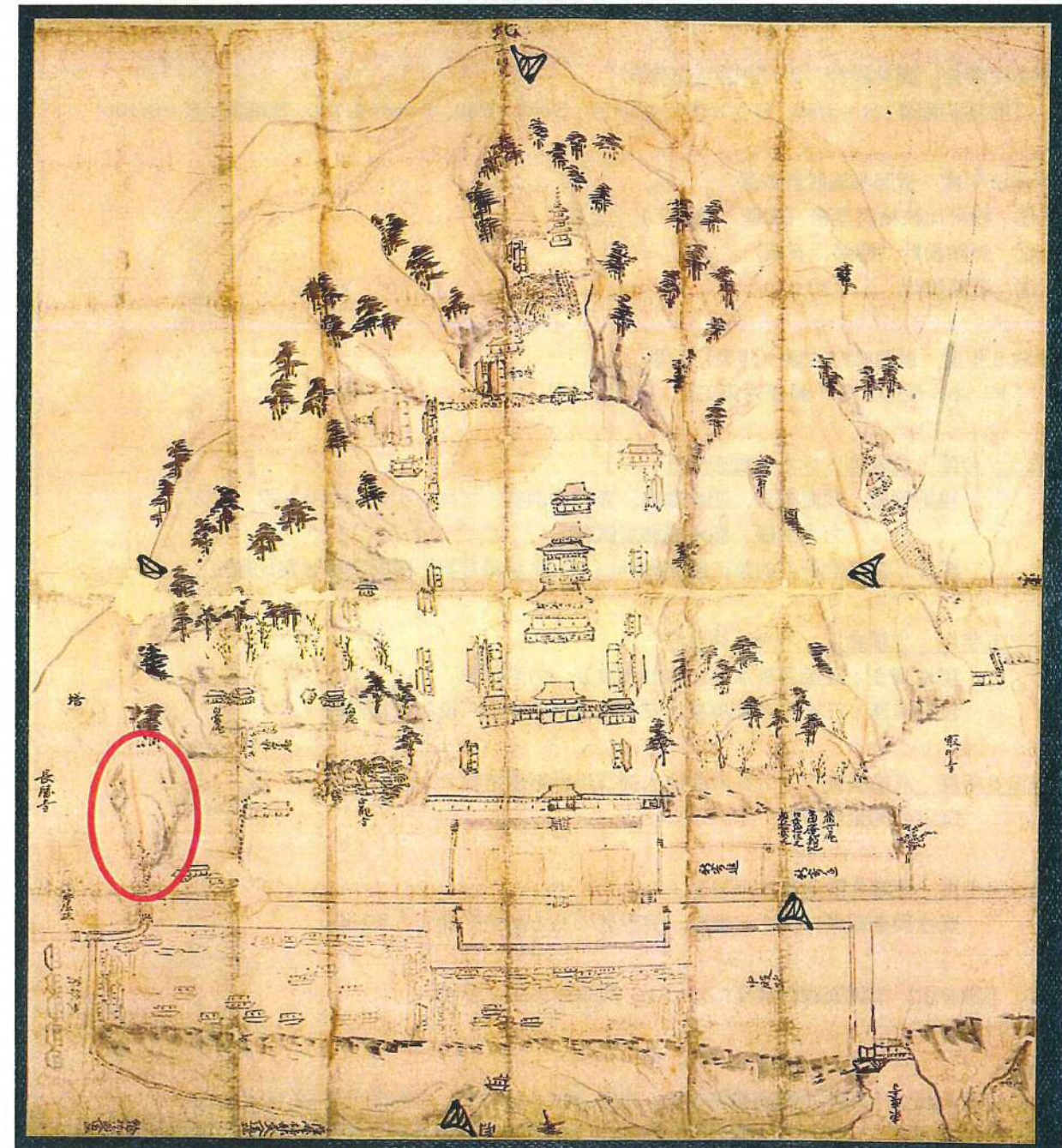
- ・国指定史跡円覚寺境内の指定理由は、「主として円覚寺伽藍図(重文)に則る」とされ、指定範囲は基本的に境内絵図(図6)に基づいている。
- ・絵図では、朱線により境内域が示されており、中心伽藍域から、馬道を挟んだ南側の丘陵までが境内域となっている。
現在の史跡指定範囲は、中心伽藍域である本山とそれを取り巻く塔頭の範囲では絵図とほぼ一致しているが、JRの線路敷、馬道及び県道周囲の住宅地から南西側の丘陵は未指定となっている。
- ・未指定範囲の現況は線路敷、道路、墓地、住宅地等となっている。
- ・絵図には、帰源院の南側に「蔵六庵」等と書かれているように、現在の線路敷及び県道の周辺には円覚寺に関わる寺院施設があったと考えられる。また、馬道の南側の丘陵上には望楼のような建物が描かれている。
- ・現在の指定範囲の南西側一帯の建物が描かれた範囲にも、中世以来の円覚寺に関わる遺構が存在する可能性があるが、現状では大部分が宅地となっており、旧状を把握するのが困難な状況である。

(2) 今後の追加指定に関する基本的な考え方

- ・上記の国指定史跡の指定の考え方及び保存管理の基本的方向性(第3章1.(2))に基づき、今後、JR線路敷と馬道(市道)部分の史跡指定の検討を行う。
- ・今後、境内絵図に示された旧境内域及びその周辺で、中世以来の円覚寺に関わる遺構等が新たに発見された場合には、可能な限り、史跡の追加指定等を含めて保存の措置について検討することとする。

(出典：鎌倉市教育委員会『史跡円覚寺境内・名勝及史跡円覚寺庭園保存管理計画書』2010)

円覚寺境内絵図(国指定重要文化財) 元弘3年(1333)～建武2年(1335)



(出典：平成28年7月8日文化財専門委員会『資料2』)

1-4 既往の隧道安全対策調査検討結果

① 既往資料の概要

既往の調査検討としては、以下のような測量成果や調査設計業務が存在する。

- ・平成2年度 実施設計および測量委託業務
(現況平面図; S=1/50、S=1/100、縦断面図; S=1/50、S=1/100、横断面図; S=1/100)
- ・平成2年度 道路実施設計成果
 - ① 設計比較検討業務(擁壁、補強工) 1式
 - ② 詳細設計(擁壁、石積) 1式
 - ③ 道路設計 L=22.07m
- ・平成8年度 道路維持修繕(防災)工事
(トンネル改修工事+斜面对策工) 1式
- ・平成17年度 北鎌倉トンネル調査設計
現地調査; 地表踏査、変状調査、弾性波調査、ブロックサンプリング、
力学試験、浸水崩壊度試験
設計; 安定解析、対策工概略設計(トンネル保存案と開削案の3案比較)
- ・平成25年度 北鎌倉トンネル改修設計
現地調査; 近接目視点検、弾性波調査、力学試験
設計業務; 三次元FEM解析、安全性検討、応急・恒久対策検討
- ・平成26年度 点検調査 (公益財団法人神奈川県整備技術センター)
隧道の健全性診断
- ・平成27年度 北鎌倉隧道安全性検証
既往調査結果に関する検証、実現性のある隧道整備の方策検討

このうち、下線を引いた調査設計業務について、概要を以下に示す。

※引用資料

- ・『平成17年度北鎌倉トンネル調査業務委託 市道434-046号線 報告書』平成18年3月
- ・『平成25年度北鎌倉トンネル改修設計等業務委託 市道434-046号線 報告書』平成27年3月
- ・『北鎌倉トンネル点検結果報告』平成27年3月
- ・『北鎌倉隧道安全性検証等業務 報告書』平成27年8月31日

② 平成17年度 北鎌倉トンネル調査設計業務

【岩石試験】

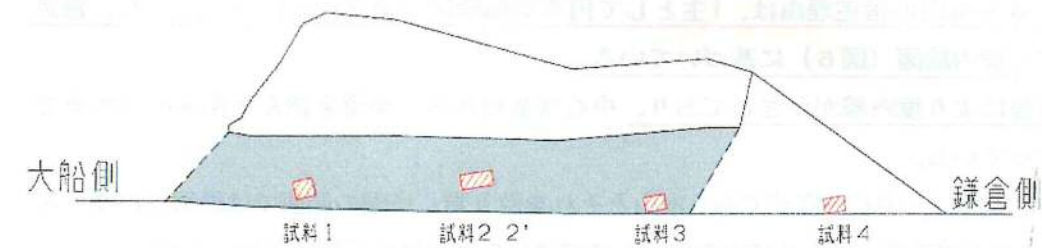


図2.4.1 北鎌倉隧道試料採取位置

表2.5.2 浸水崩壊度試験結果一覧

試料番号	1	2	3	4
岩質	砂岩、凝灰岩(浮石主体)の互層で砂岩優勢	凝灰岩主体で一部に砂岩	砂岩、凝灰岩(浮石主体)の互層	砂岩、凝灰岩(浮石主体)の互層で砂岩優勢
供試体形状	不定形	不定形	不定形	不定形
崩壊度区分	浸水後			
	30'	A~D	A~B	A~D
	1°	A~D	A~B	B~D
	2°	A~D	A~B	B~D
	4°	A~D	A~B	C~D
	6°	A~D	A~B	C~D
	24°	A~D	A~B	D
崩壊度区分	A. ほとんど変化が認められないもの。 B. 岩塊として分離するが粒子の分散しないもの。 C. 稜角部が崩壊するもの。 D. 原形をとどめないもの。			

自然状態

浸水直後

浸水後1時間

浸水後6時間

浸水後24時間

No. 1



No. 2



No. 3



No. 4



浸水崩壊度試験写真

【安定性評価】

(2) 側壁部の破壊について

北鎌倉トンネルの北鎌倉駅側の側壁については、測量成果より最小厚さ 50cm 程度という結果が得られている。このようなことから、当該側壁部には上部斜面からの土被り圧力が集中する(応力集中)傾向にある。ここでは、2次元弾性FEM解析によって側壁部に作用する応力度を算出し、調査において実施した地山試料の一軸圧縮強度と比較することによって側壁部の安定性を評価した

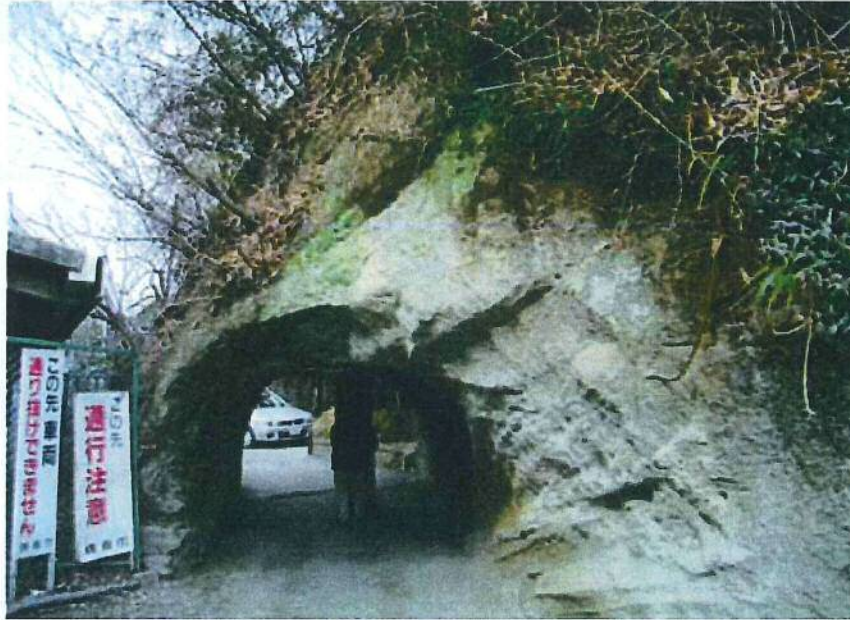


写真 3.4.1 北鎌倉トンネルに側壁部の状況

図 3.4.1 には 2次元弾性 FEM 解析の結果を示す。これによると、トンネル側壁部においては最大主応力で 300kN/m^2 程度の応力が作用している。岩石試験結果によると、当該地層の一軸圧縮強度は比較的良好な凝灰質砂岩の供試体については $440\sim 659\text{kN/m}^2$ であり、未固結状の砂岩を含む供試体については $114\sim 168\text{kN/m}^2$ という結果を得ている。現地においても、応力集中部には数 cm 程度の砂層薄層は挟むものの、大部分は凝灰質砂岩である。このようなことから、現状においてははかろうじてその安定性を保っているものと想定される。

表 2.5.1 材料試験結果一覧

試料番号	1-1	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2
密度 (g/cm^3)	1.825	1.382	1.451	1.807	1.778	1.791	1.781	1.816	1.820
一軸圧縮 強度 (MN/m^2)	0.151	0.440	0.501	0.659	0.586	0.538	0.530	0.168	0.114

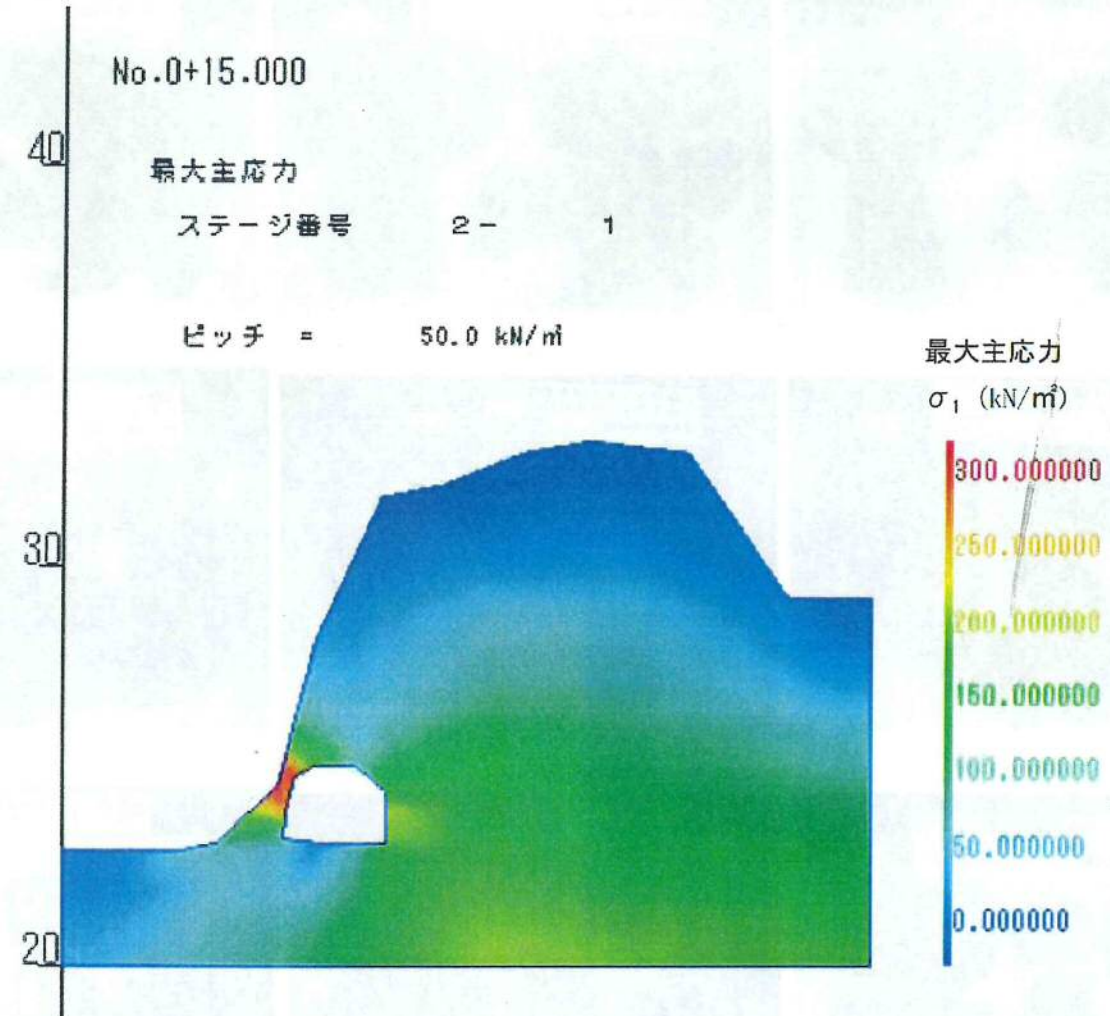


図 3.4.1 トンネル側壁部における応力集中の状況

以上より、北鎌倉トンネルの側壁部については、将来にわたって破壊の発生する可能性が指摘できる。このようなことから、抜本的な対応が必要であると判断される。

【対策工法検討】

4.1.1 立地条件

(仮称)北鎌倉隧道は、JR横須賀線北鎌倉駅の下り線ホームの大船渡側に隣接する形で、概ね7m程度の延長を有する人道用隧道である。この隧道は歩行者および軽車両通行となるが、この隧道を挟んだ明かり道路は一車線の車道を呈し、原則的には隧道内は車両通行不可の交通形態がなされている。

また、この隧道を利用する通行者は概ね地元住民が対象と推測され、生活道路としての必要不可欠な機能を呈している。

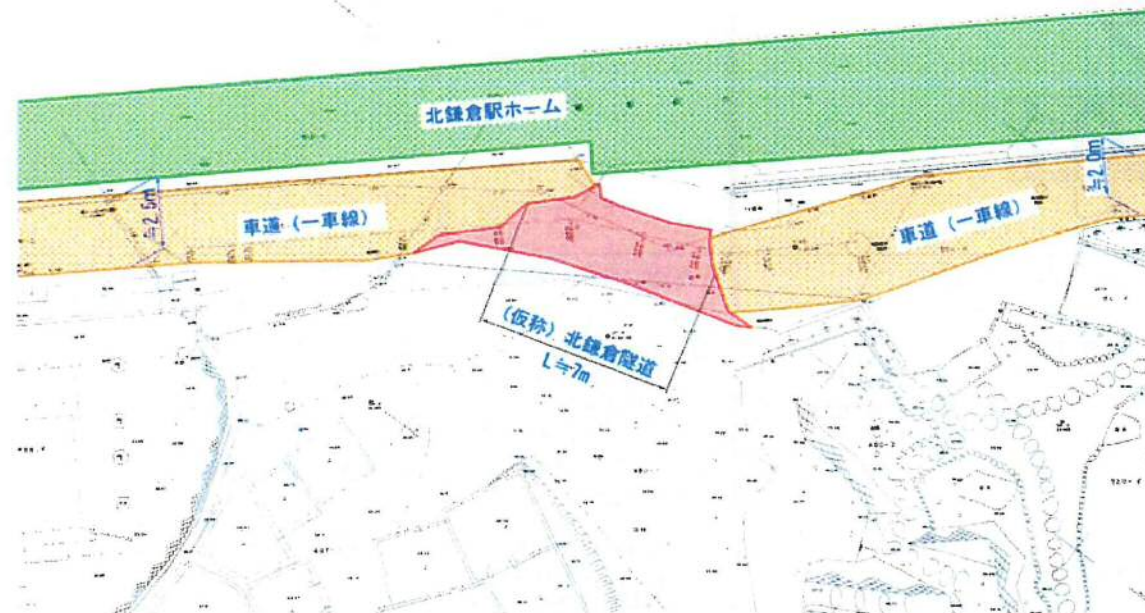


図 4.1.1 平面図

隧道の断面は、概ね幅2.5m、高さ2.0m程度の馬蹄形断面でその断面積は約4m²の小断面を呈し、隧道の壁面は素堀状態で現在に至って支保部材による補強対策は実施されていない。トンネル中心直上の土被り厚さは3~6m程度であるが、急崖地形に位置しているため谷側斜面となる駅ホーム側の側面の土被りは30~50cmを呈す薄い箇所も存在する、偏土圧地形に構築された隧道である。

また、隧道を形成している地山の先端は駅のホーム付近まで達し、隧道壁面と駅構内の離れは、最も近い所で数10cm程度である。坑口部は現況地山の小尾根の張り出しに沿っているため、両坑口とも斜面斜交型となり一部オーバーハングを呈している。

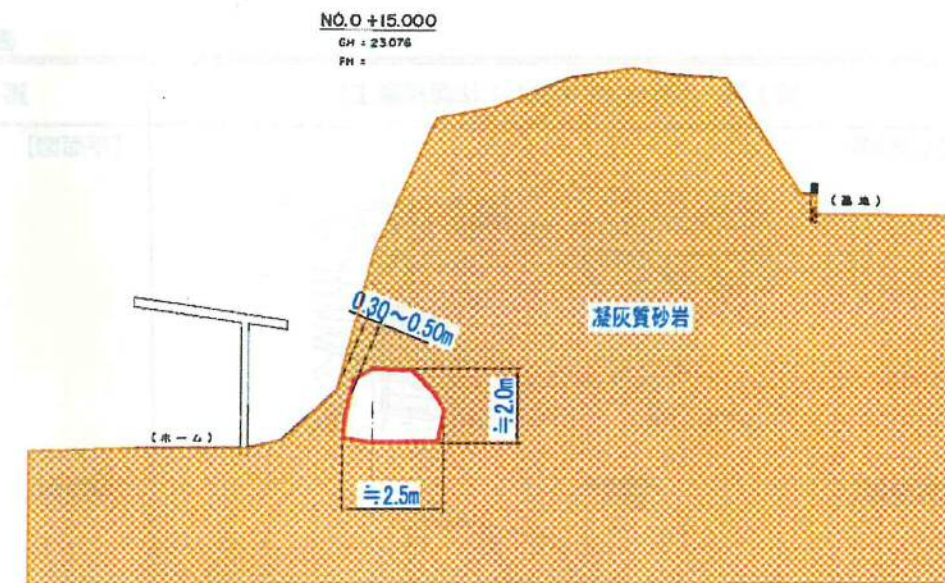


図 4.1.2 横断面図

4.2.3 対策工法の立案

計画条件および道路の幅員構成・建築限界ならびに地山の安定度の判定結果から、下記に示す施工法を立案する。施工法については今までの条件整理を踏まえて、現状に合わせた隧道案(トンネル案)と立地および施工条件を考慮した開削工法案(オープンカット案)を代表として計画した。また、景観性を最重点として、擬岩構築工(エージング工法)も施工法の対象として比較案に追加した。

なお、開削工法案およびトンネル改築工については、現状の隧道の安定が図られないため、原則として、施工着手前に既設隧道をエアモルタルによる埋め戻しを実施して、空洞を閉塞することを条件とした。

- ・ 第1案：開削工法案(切土+法面保護工)
- ・ 第2案：トンネル改築案(山岳トンネル工・吹付けロックボルト工法)
- ・ 第3案：トンネル補強案(擬岩構築工・エージング工法)

4.3 対策法の比較検討

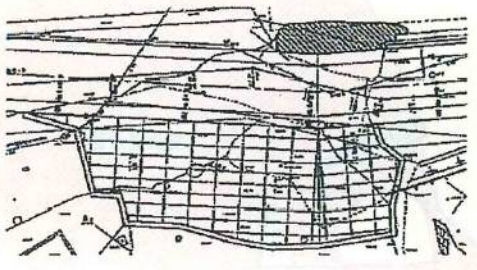
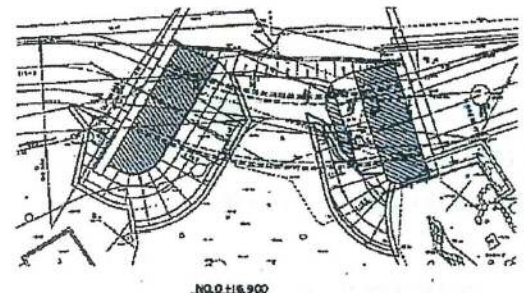
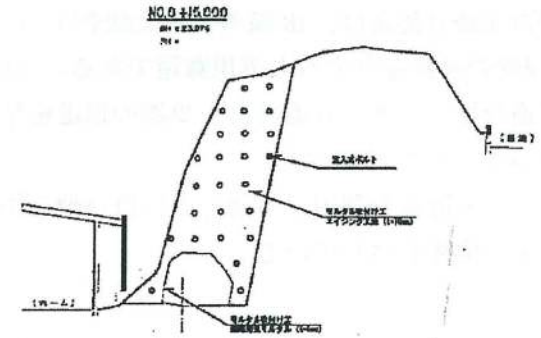
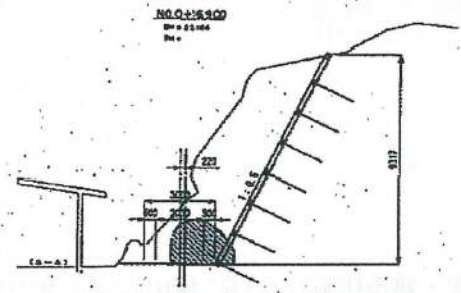
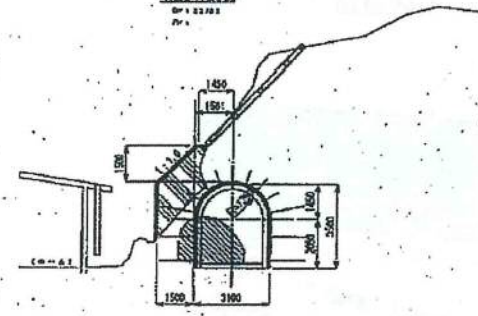
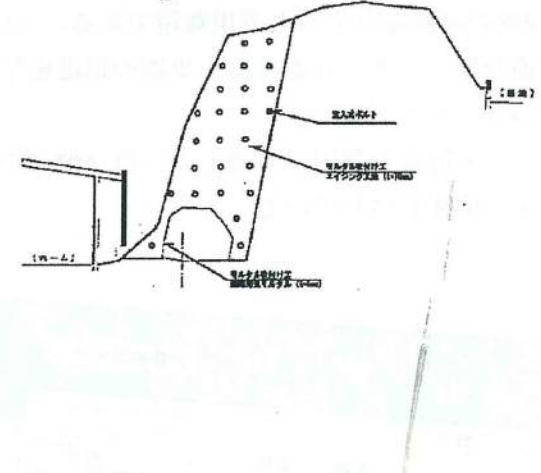
表4.3.1に示す比較検討の結果、第1案：開削工法案が施工性および経済性に優れるが、地形変化が大きく周辺景観との調整が必要と判断された。また、第2案：トンネル改築案は経済的には不利となるものの、現況の隧道形式を保持でき地形変化が少ないため、周辺景観との調和が図れるものと判断される。

なお、第3案：トンネル補強工については、現況の隧道の安定に問題があることから、恒久的な支保能力に欠け安全性に問題があると判断される。

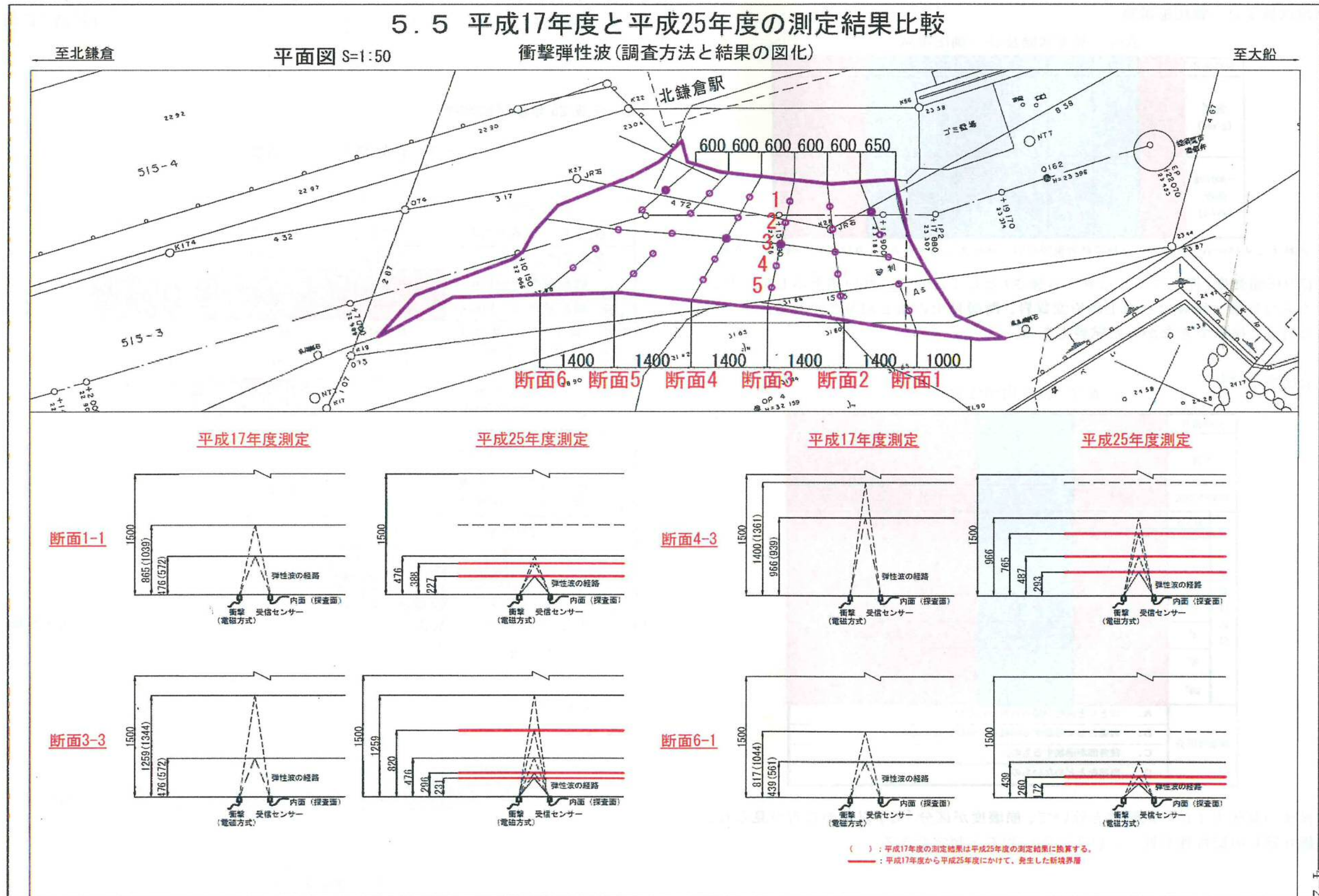
したがって、当業務における対策工法の選定については、開削工法案とトンネル改築案を選定しておくものとする。

次項の表4.3.1 施工法比較検討表を示す。

表 4.3.1 対策工法の比較一覧表

		第1案 開削工法 (切土+法面保護工)	第2案 トンネル改築工法 (山岳トンネル工法)	第3案 トンネル補強工法 (エージング工法)																																																
概要図	【平面図】																																																			
	【横断面】																																																			
工法の概要	施工概要・順序	<ul style="list-style-type: none"> ・ 隧道部分を含めて斜面を切土し、道路幅員を確保する。 【施工順序】 ① JR 防護柵設置 (JR 協議により仕様変更有り) ② トンネル充填工 (切土時の地山崩壊防護) ③ 法面伐採 ④ 人力掘削 (切土上部より人力で掘削) ⑤ 法面防護工 (法枠およびエージング工) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 隧道を拡幅改築する。(吹付け・ロックボルト工法) 【施工順序】 ⑥ JR 防護柵設置 (JR 協議により仕様変更有り) ⑦ トンネル充填工 ⑧ 伐採工、JR 側の法面防護工 (トンネル掘削時の地山崩壊防護) ⑨ 坑口付け→トンネル掘削→掘工コンクリート→坑門工 ⑩ 坑口盛土工、法面防護工 (エアモルタル) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 法面に防護 (補強工) を実施し、トンネルを補修する。 【施工順序】 ① JR 防護柵設置 (JR 協議により仕様変更有り) ② 法面伐採、法面防護工 (エージング工) ③ 法面防護工 (エージング工+注入式ロックボルト) ④ トンネル内面整形工 (必要によりクラック注入) ⑤ トンネル補修工 (トンネル内面に繊維補強コンクリートを吹付けて風化防止し、表面はエージング工法を採用) 																																																
	特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期的安全性が高い。 ・ 道路の機能が向上する。(車両通行可能) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期的安全性が高い。 ・ 道路の機能が向上する。(トンネルの幅員の拡大) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 周辺の景観を維持できる。(擬岩処理効果) ・ 安全性が現状より高まる。 ・ 道路の機能は、原状を維持。 ・ 工事中以外の時間は通行可能。 																																															
	短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 掘削土が多く発生する。 ・ 工事中は通行止めとなる。 ・ 周辺の景観が大幅に変わる。 ・ 電柱を移設する必要あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ トンネル掘削時の地山崩壊に注意が必要である。 ・ 工事中は通行止めとなる。 ・ 電柱を移設する必要あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1案、2案に比べ構造物の安全性が低い。 ・ ずい道の内空が狭くなる。 ・ 工事中以外は、通行可能である。 ・ 電柱を移設する必要あり。 																																																
工期 (準備・撤去は除く)		65日 (暦日 2.8ヶ月)	101日 (暦日 4.4ヶ月)	45日 (暦日 2.0ヶ月)																																																
経済性 (直接工事費)		<table border="1"> <tr><td>仮設防護柵工</td><td>1式</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>伐採工</td><td>164m²</td><td>658</td></tr> <tr><td>切土工</td><td>331m³</td><td>6,620</td></tr> <tr><td>法面工</td><td>130m²</td><td>3,306</td></tr> <tr><td>充填工</td><td>30m³</td><td>512</td></tr> <tr><td colspan="2">13,400千円 (±0)</td><td></td></tr> </table>	仮設防護柵工	1式	2,300	伐採工	164m ²	658	切土工	331m ³	6,620	法面工	130m ²	3,306	充填工	30m ³	512	13,400千円 (±0)			<table border="1"> <tr><td>仮設防護柵</td><td>1式</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>伐採工</td><td>1式</td><td>658</td></tr> <tr><td>トンネル工</td><td>12m</td><td>15,105</td></tr> <tr><td>充填工、法面工</td><td>1式</td><td>2,837</td></tr> <tr><td colspan="2">20,900千円 (+7,500)</td><td></td></tr> </table>	仮設防護柵	1式	2,300	伐採工	1式	658	トンネル工	12m	15,105	充填工、法面工	1式	2,837	20,900千円 (+7,500)			<table border="1"> <tr><td>仮設防護柵</td><td>1式</td><td>2,300</td></tr> <tr><td>伐採工</td><td>1式</td><td>658</td></tr> <tr><td>トンネル工</td><td>1式</td><td>4,893</td></tr> <tr><td>法面工</td><td>84m²</td><td>4,572</td></tr> <tr><td colspan="2">12,400千円 (-1,000)</td><td></td></tr> </table>	仮設防護柵	1式	2,300	伐採工	1式	658	トンネル工	1式	4,893	法面工	84m ²	4,572	12,400千円 (-1,000)		
	仮設防護柵工	1式	2,300																																																	
伐採工	164m ²	658																																																		
切土工	331m ³	6,620																																																		
法面工	130m ²	3,306																																																		
充填工	30m ³	512																																																		
13,400千円 (±0)																																																				
仮設防護柵	1式	2,300																																																		
伐採工	1式	658																																																		
トンネル工	12m	15,105																																																		
充填工、法面工	1式	2,837																																																		
20,900千円 (+7,500)																																																				
仮設防護柵	1式	2,300																																																		
伐採工	1式	658																																																		
トンネル工	1式	4,893																																																		
法面工	84m ²	4,572																																																		
12,400千円 (-1,000)																																																				
エージング工法		12,900千円	12,900千円	-																																																
評価		<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工性に優れている。 ・ 現在の景観から大きく地形が改変される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 恒久的対策工として、最も地形改変の少ない工法。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最も経済的であるが、恒久的対策としては問題を残す。 ・ 擬岩効果で景観上にも優れる。 																																																
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工性に優れ、経済的である。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地形的改変が少なく、周辺景観を最重視した工法である。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ 恒久的対策工とならない。 	△																																													

【弾性波探査】



【岩石試験結果】

4.1 平成17年度試験結果

①密度試験及び一軸圧縮試験

表-1 密度試験及び一軸圧縮試験

試料番号	1-1	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2
密度 (g/cm ³)	1.825	1.382	1.451	1.407	1.778	1.791	1.781	1.816	1.829
一軸圧縮強度 (MN/m ²)	0.151	0.440	0.501	平均値 0.542				平均値 0.141	

試料1と4は砂岩・凝灰岩の互層で砂岩優勢な岩、試料2は凝灰岩主体、3は砂岩・凝灰岩の互層。

岩石の圧縮強度(押しつぶしに対する強さ)としては非常に低い値を示しており、図-2からは砂層・礫層などの土砂や変質岩、断層粘土の値と同等とされる。コアドリルで崩れて採取できなかった試料もある。

②浸水崩壊度試験

表-2 浸水崩壊度試験

試料番号	1	2	3	4
岩質	砂岩・凝灰岩(互層)の互層で砂岩優勢	凝灰岩主体で、互層に砂岩	砂岩・凝灰岩(互層)の互層	砂岩・凝灰岩(互層)の互層で砂岩優勢
供試体形状	不定形	不定形	不定形	不定形
崩壊度区分	浸水後			
	30'	A~D	A~D	A~D
	1'	A~D	A~D	B~D
	2'	A~D	A~D	B~D
	4'	A~D	A~D	C~D
	6'	A~D	A~D	C~D
24'	A~D	A~D	A~D	D
崩壊度区分	A. ほとんど変化が認められないもの。 B. 岩塊として分離するが粒子の分散しないもの。 C. 後角部が崩壊するもの。 D. 原形をとどめないもの。			

試料2の凝灰岩主体の試験体を除いて、崩壊度が区分「C」以上の岩石が見られ、乾湿繰り返しの抵抗性が低く、風化に弱い岩石と判定できる。

浸水崩壊度試験

水浸による岩石の形態の変化からその岩石の有する結合の程度(崩壊のしやすさ)を知る試験。試料を80℃で24時間、炉乾燥した後、水浸させて水浸直後、30分、1、2、4、6、24時間経過ごとに目視によって観察し、形状変化を崩壊度A~Dの4段階で評価する。

4.2 平成25年度試験結果

表-3 平成25年度試験結果

試料番号	①	③	④	
自然含水比 Wn(%)	18.1	12.6	6.1	
湿潤密度 ρ t(g/cm ³)	1.571	1.050	1.618	
超音波伝播速度	縦波速度 Vp(km/s)	0.66	0.73	0.58
	横波速度 Vs(km/s)	0.28	0.38	0.29
	動ポアソン比 ν d	0.389	0.315	0.326
	動弾性係数 Ed(MN/m ²)	3.37×10 ²	4.00×10 ²	3.68×10 ²
力学特性	一軸圧縮	圧縮強度 qu(MN/m ²)	0.163	0.171
		変形係数 Es50(MN/m ²)	46.0	54.8
	圧裂	圧裂引張強度 σ t(MN/m ²)	0.0659	0.00476
		試験条件	UU	
三軸圧縮	粘着力 C(MN/m ²)	0.55		
	内部摩擦角 φ (度)	23.3		

試料③は軽石を含むため、湿潤密度が低いと思われる。一軸圧縮強度は、前回の試験と同様に非常に低い値となっている。

■ : H25採取

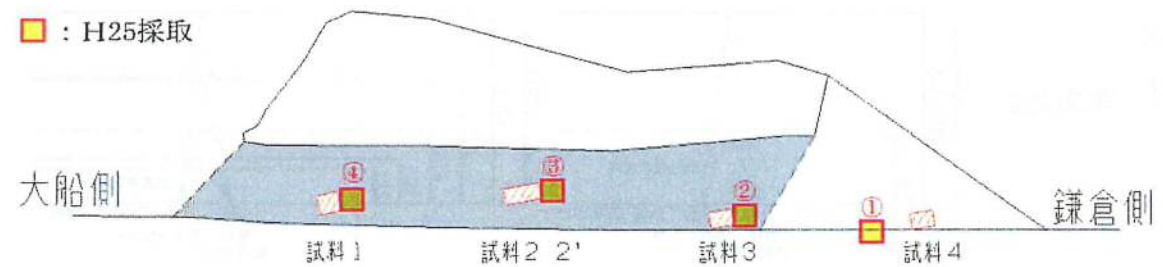


図 北鎌倉隧道試料採取位置

粘着力・内部摩擦角:土や岩のせん断破壊に対する抵抗力、大きければ強い。
せん断作用:物体のある断面に平行に、互いに反対向きの1対の力を作用させ、物体をその面に沿って滑り切る作用。

また、三軸圧縮試験の粘着力や内部摩擦角は、表-4の道路トンネルの地山*等級(地山の良し悪しの等級)の代表値から、地山状態が不良な下位のD I~D II等級に相当する値となっている。表-5には道路トンネルの地山分類表を示す。

*自然のままの地盤の総称、採石やトンネル掘削の対象となる山

表-4 各地山等級に対する変形・強度特性の代表値 (N/mm²=MN/m²)

地山等級	変形係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 φ (°)
B	5000	0.25	4.0	50
C I	2000	0.30	2.0	45
C II	1000	0.30	1.0	40
D I	500	0.35	0.1	35
D II	150	0.35	0.2	30

[出典:日本道路公団;トンネル数値解析マニュアル, p.3-26, 1998.10 (加筆修正)]

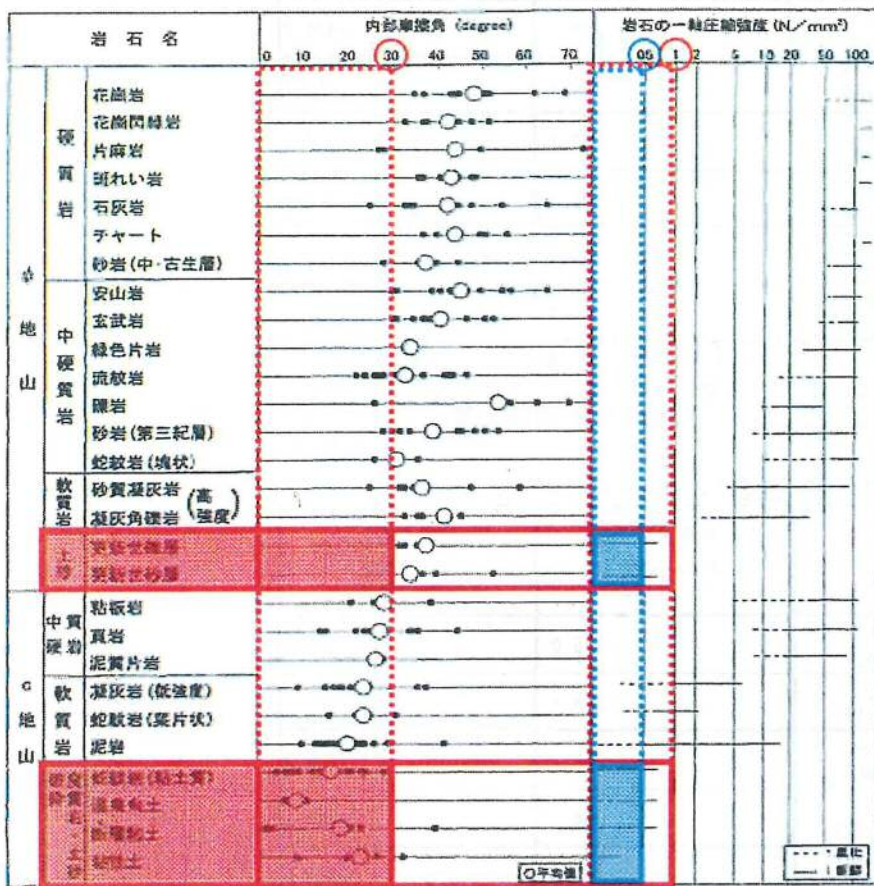


図-2 岩種ごとの内部摩擦角と一軸圧縮強度 (N/mm²=MN/m²)
出典:「山岳トンネルの不良地山に関する地質工学的考察 応用地質技術年報 No.5

表-5 道路トンネル地山分類表

地山等級	代表岩名	物理的性質 (N/mm ²)	地質的性質	不連続面の性状	コアの性状、RQD	地山状態	トンネル掘削の状況と対策の目安
D I	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	5000	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	良好	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	2000	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	良好	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	1000	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	良好	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	500	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	良好	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
D II	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	150	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	不良	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	150	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	不良	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	150	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	不良	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。
	花崗岩、花崗閃緑岩、片麻岩、珪れい岩、石灰岩、チャート、砂岩(中・古生層)	150	地質的性質は、多数の風化変質帯の傾向がある。片理、片理の傾向がある。	不連続面は平均10cm以下で、開口も大きく、脆肌や粘土を挟むことが多い。	コアの性状は、RQDは20%以下である。	不良	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きく、掘削に支障をきたさない。不連続面の性状も比較的良く、掘削に支障をきたさない。掘削に支障をきたす場合は、掘削に支障をきたす部分にのみ対策を講ずる。

【表-5 地山分類による所見】

① 衝撃弾性波で測定された基準音速が0.74km/sec、室内試験で測定された超音波伝はん速度の平均が0.66km/secで、岩盤分類から地山等級D I、D IIのL層状第三紀層泥岩相当である。また、表-5より地山等級D I、D IIの一般的な地山の状態を以下に列挙する。いずれも地山状態は不良である。

- ・ 岩質は多少硬い部分もあるが、全体的に強い風化・変質を受ける。
- ・ 層理、片理などの不連続面が非常に顕著である。
- ・ 不連続面の間隔は平均10cm以下で、開口も大きく脆肌や粘土を挟むことが多い。
- ・ 軽石を多く混じえた土砂、崖錐などで、水により劣化やゆるみが著しい。

【図-2 岩種ごとの内部摩擦角と一軸圧縮強度による所見】

① 一軸圧縮強度の平均は、凝灰質砂岩が0.542MN/m²、砂岩が0.158MN/m²である。(平成17年度と今回の試験値のうち、砂岩系全ての平均値)

② 岩石名は砂岩、凝灰質砂岩となっているが、一軸圧縮強度や内部摩擦角からは、「土砂(更新世砂層や礫層)または破碎変質岩・土砂」に相当し、岩石の中でも非常に固結度の低い岩である。なお、凝灰質砂岩と砂岩の一軸圧縮強度の差から、砂岩層が風化等により削り取られ、凝灰質砂岩が突出した凹凸状の地層が形成されたと考えられる。

6. 調査結果全体考察

- 岩盤（トンネル）の表面は、指により切削が可能ほど弱く、風雨などによる乾湿の繰り返しにより風化が進行していることが伺える。日常的にトンネル表面の薄い剥落が進行しているものと想定される。
- トンネル周辺地山には低木樹が生息しており、その樹根がトンネル壁面まで及んで、貫通していることが確認できる。樹根の周辺岩盤ではひび割れが発生し、このひび割れの閉合部分では、剥落が発生していることが確認される。（写真-3、-4）
- 大船側坑口上方斜面では、同様に樹根が岩盤のひび割れに進入し、実際に岩盤が剥落した状況が見られ、時間経過ともに剥落・崩壊が進行しているものと想定される。（写真-5）
- 岩石試験結果から、一軸圧縮強度が凝灰質砂岩では $q_u=0.440\sim0.659\text{MN/m}^2$ 、砂岩では $q_u=0.114\sim0.171\text{MN/m}^2$ と極めて固結度が低い（土砂相当）岩石と評価されている。
浸水崩壊度試験では乾湿繰り返しの抵抗性が低く、風化に弱い岩石と判定されている。
- 衝撃弾性波探査結果から、平成17年度調査では、密着していた地層面が1.0m程度の層厚で1～2層程度であったが、平成25年度調査では、4～5層に剥離した地層境界(界面)が確認されている。



写真-3 樹根貫通と周辺地盤

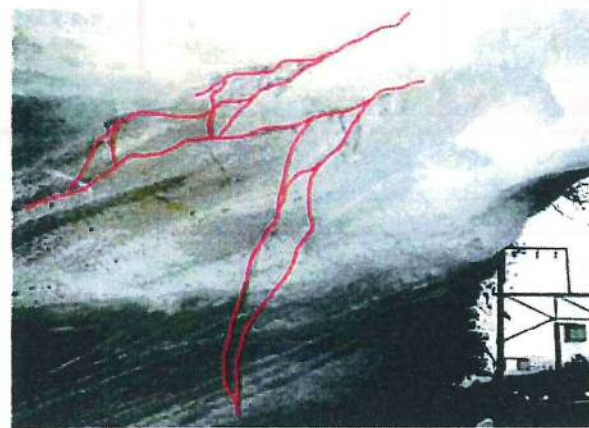


写真-4 ひび割れ閉合

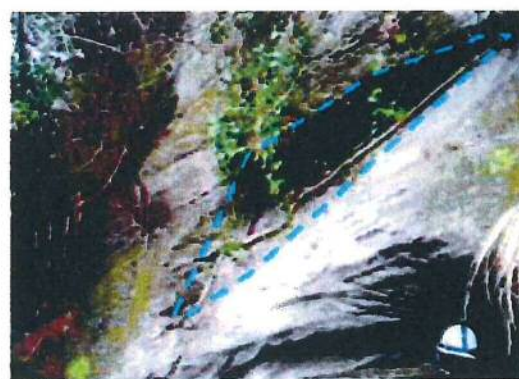


写真-5 大船側坑口上方の岩盤剥落跡（水色破線部）

7. 数値解析（3次元FEM解析）

【解析条件】

項目	解析入力値	備考	
密度 ρ (g/cm ³)	解析ケース1	1.717	平成17年度試験結果の全体平均値
	解析ケース2	1.665	平成17年度試験結果の試料2と3の平均値
ポアソン比 ν	0.343	平成25年度試験結果の平均値	
変形係数 E_0 (kN/m ²)	2.016E+05	平成25年度試験結果の平均値より算出	

【解析結果】

表 3.1-1 トンネルの最大・最小主応力のFEM解析結果一覧（解析ケース1）

場所		最大主応力 σ_{\max} (kN/m ²) (「-」=圧縮)	最小主応力 σ_{\min} (kN/m ²) (「-」=圧縮)
鎌倉側坑口	位置-1 (駅側)	-149.5	-434.7
	位置-2 (地山側)	-222.9	-612.7
トンネル内	位置-1 (駅側)	-60.1	-348.8
	位置-2 (地山側)	-97.2	-340.4
大船側坑口	位置-1 (駅側)	-90.4	-479.1
	位置-2 (地山側)	-165.7	-405.5

【注：FEM解析での符号は、「+」が引張で、「-」が圧縮となっている。
一方、土質力学では、一般的に圧縮が「+」、引張が「-」と規定されている。
本検討では、最大・最小主応力は、FEM解析結果の符号に基づいて称することとした。】

表 3.2-1 トンネルの最大・最小主応力のFEM解析結果一覧（解析ケース2）

場所		最大主応力 σ_{\max} (kN/m ²) (「-」=圧縮)	最小主応力 σ_{\min} (kN/m ²) (「-」=圧縮)
鎌倉側坑口	位置-1 (駅側)	-145.0	-421.5
	位置-2 (地山側)	-216.1	-594.1
トンネル内	位置-1 (駅側)	-58.3	-338.2
	位置-2 (地山側)	-94.3	-330.1
大船側坑口	位置-1 (駅側)	-87.6	-464.6
	位置-2 (地山側)	-160.7	-393.2

【注：FEM解析での符号は、「+」が引張で、「-」が圧縮となっている。
一方、土質力学では、一般的に圧縮が「+」、引張が「-」と規定されている。
本検討では、最大・最小主応力は、FEM解析結果の符号に基づいて称することとした。】

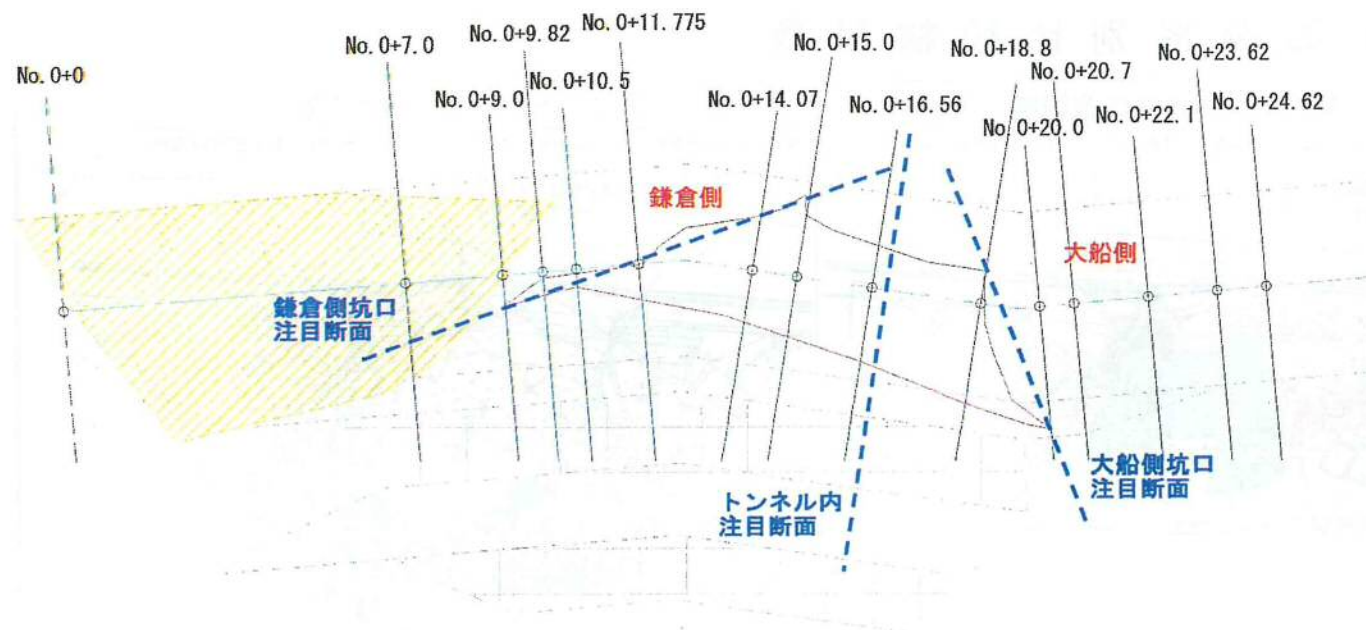


図 3.1-1 注目した断面の位置



図 3.1-4 鎌倉側坑口における最小主応力：全体（単位：kN/m²；「-」＝圧縮）

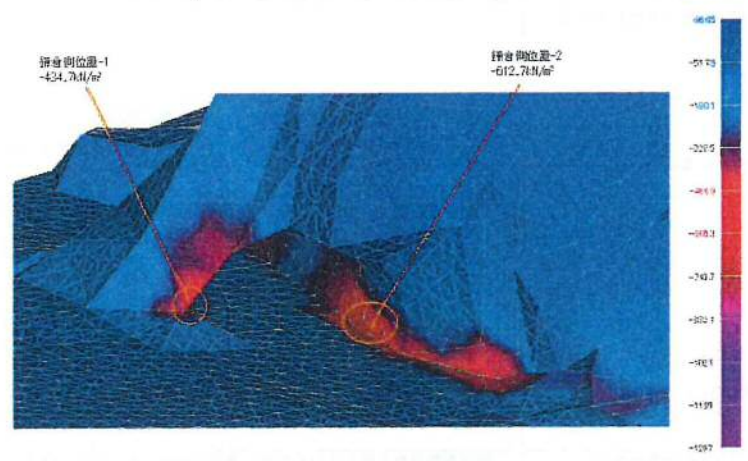


図 3.1-5 鎌倉側坑口における最小主応力：局部拡大（単位：kN/m²；「-」＝圧縮）

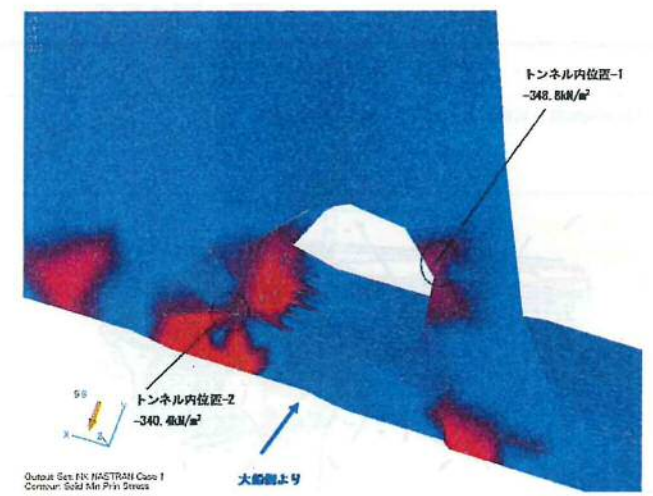


図 3.1-7 トンネル内断面における最小主応力（単位：kN/m²；「-」＝圧縮）

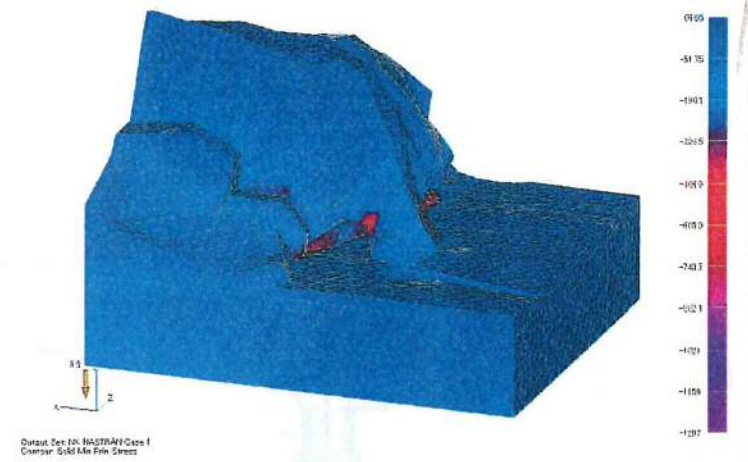


図 3.1-10 大船側坑口における最小主応力：全体（単位：kN/m²；「-」＝圧縮）

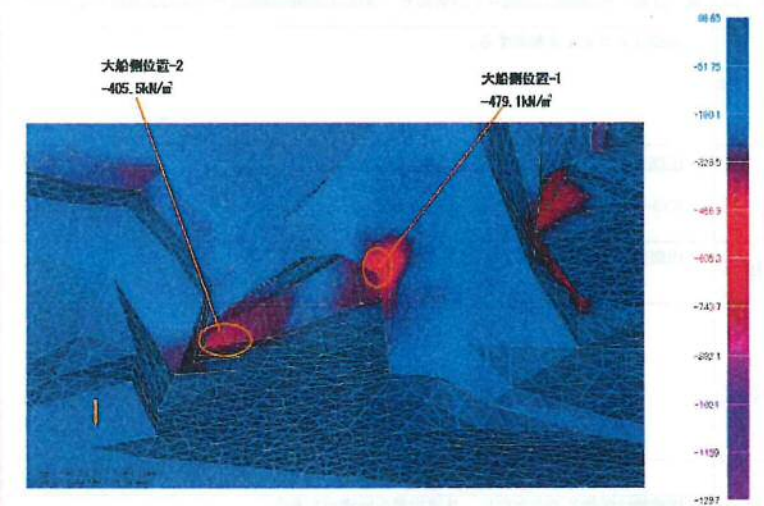
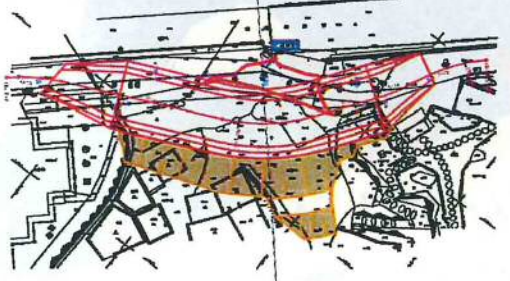
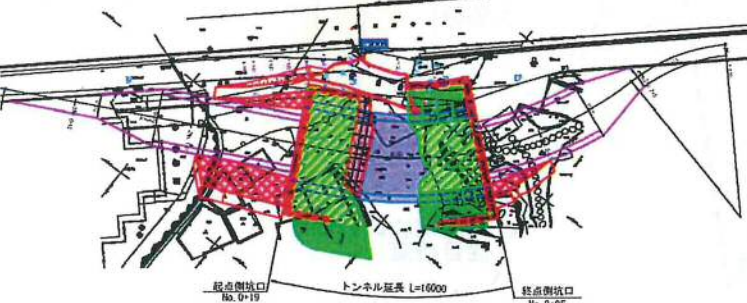
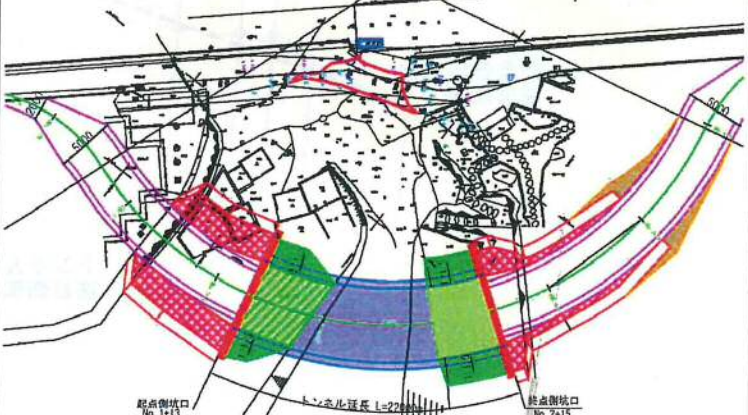
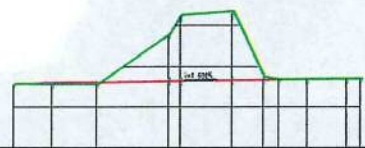
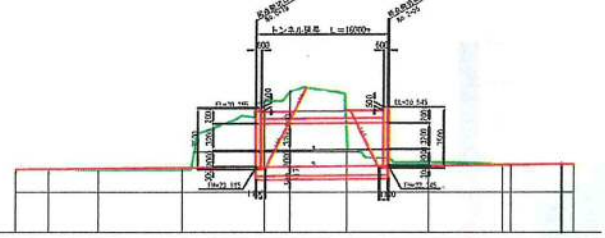
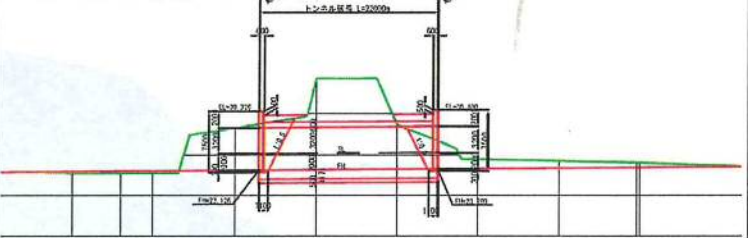


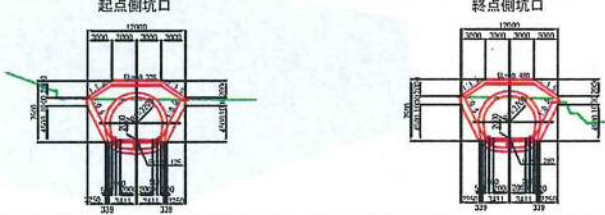


図 3.1-11 大船側坑口における最小主応力：局部拡大（単位：kN/m²；「-」＝圧縮）

道路計画平面線形別比較検討表

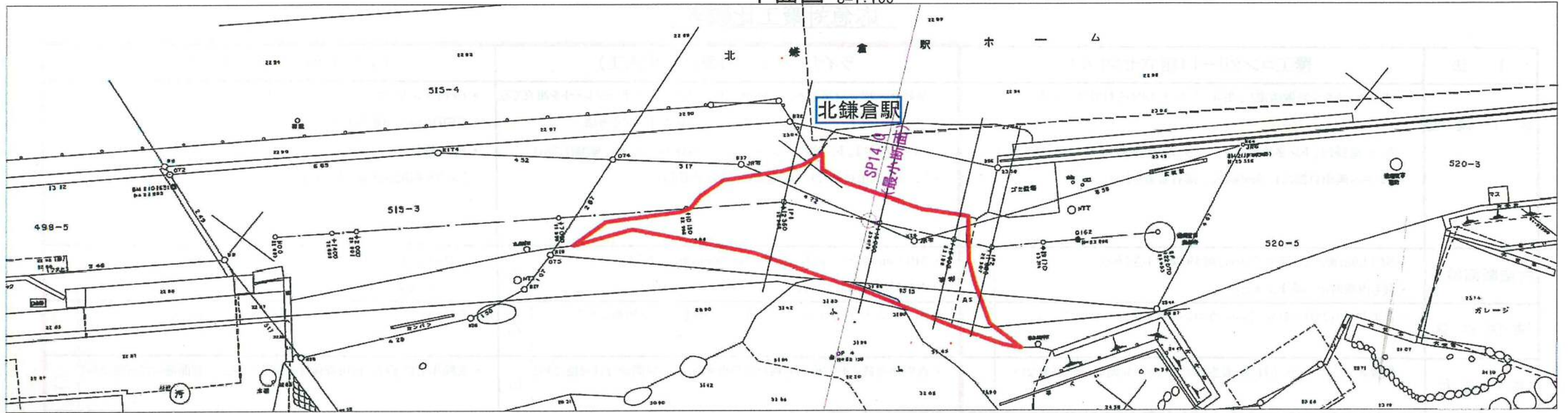
		①案 開削工法土工案	②案 トンネル工法改築案	③案 トンネル工法新設案
検討項目		JRの用地境界を考慮して、現トンネルを開削した案	現トンネルを避け、現トンネルの山側に平面線形を移行して、トンネルで改築する案 起点側坑口 NO. 0+19 トンネル延長 L=16,000m 終点側坑口 NO. 2+05	現トンネルに影響のない山側に平面線形を移行して、新設トンネルを計画する案 起点側坑口 NO. 1+13 トンネル延長 L=22,000m 終点側坑口 NO. 2+15
平面図				
縦断図				
正面図				
地形地質概要		JR北鎌倉駅ホームと平行して延長7mと短いトンネルがある。地形は幅2.5m程度の素掘りトンネルで、両坑口の山側斜面は6~9mの急崖地形となっている。トンネル付近の地質は、上総層群野島層の硬質な岩盤の凝灰質砂岩で、上層は関東ローム層が数メートル堆積している。		
工法概要		素掘りトンネルを開削する。	通学路にほぼ平行で現トンネルに影響のない平面線形を設け、トンネルで改築する。トンネル施工に影響がないよう、既設トンネルは事前に気泡モルタル等で中詰の埋戻しを行う。	通学路から現トンネルに影響のない山側に平面線形を設け、トンネルを新設する。
評価	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 山側斜面の切土は、10m程度の法枠工斜面となる。 工事中は現道の通行止めが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工前に既設トンネルを埋め戻しておく必要がある。 現道トンネルと一部兼ねるため、施工がやや煩雑となる。 トンネルの施工は機械掘削が可能であるが、仮設ヤードの確保が必要となる。 工事中は現道の通行止めが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 通学路とは平面的に距離が離れており、単独の施工ができる。 トンネルの施工は機械掘削が可能である。仮設ヤードの確保は②案より容易と思われる。 工事中の現道の通行止めは、ほとんど必要ない。
	維持管理	山側切土斜面の維持管理が重要である。	坑口背面に法枠工を要するため、維持管理が必要である。	坑口背面に切土を出さないため、維持管理は容易である。
評価	経済性 (直接工事費)	土工： 482 千円 法面工： 3,600 千円 舗装工： 314 千円 計： 4,396 千円 (基準額)	トンネル工： 14,652 千円 坑門工： 4,957 千円 土工： 1,638 千円 法面工： 2,153 千円 道路舗装工： 668 千円 計： 24,068 千円 (+ 19,672) 千円	トンネル工： 20,592 千円 坑門工： 2,439 千円 土工： 674 千円 法面工： 3,088 千円 道路舗装工： 1,034 千円 計： 27,827 千円 (+ 23,431) 千円
	総合評価	○	△	△
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> 構造物は法枠工のみとなり、3案中最も経済的である。 工事中は現道は通行止めとなる。 将来にわたって維持管理が重要である。 道路周辺の墓地や民家への影響は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 現道と近接施工となるため、トンネルの埋戻しが必要で経済的には第3案と大差はない。 工事中は現道は通行止めとなる。 維持管理が必要である。 道路周辺の墓地や民家への影響がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 道路を現道から離しているため、道路の延長も長くなり、経済的には不利となる。 経済的には不利であるが、現道と離れた所での施工となるため、安全性は高い。 維持管理は容易である。 道路周辺の墓地や民家への影響がある。

応急対策工比較表

工 法	覆工コンクリート(組立セントル)	ライナープレート(裏込め注入工)	GFRPメッシュ+モルタル吹付工																																																						
施 工 概 要	<ul style="list-style-type: none"> 組立セントルを設置固定し、生コンクリート(18N)を打設する方法。 施工延長は、トンネルセンターで9.35m(山側11.5m、駅側7.2m) トンネル両出口部に1.0m延長し、落石対策を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎コンクリート(高さ10cm×幅20cm)を打設後にライナープレートを組立てる。 その後、ライナープレート背面にエアモルタルを打設する方法。 施工延長は、トンネルセンターで9.35m(山側11.5m、駅側7.2m) トンネル両出口部に1.0m延長し、落石対策を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> GFRPアンカーボルトを削孔打設し、GRPFRロッドを組立後、連結する。 GFRPロッドの間にGFRPメッシュを設置し、PFモルタルを吹き付けする。 施工延長は、トンネルセンターで7.35m(山側9.5m、駅側5.2m) トンネル両出口法面に1.0m程度、余吹きを行い、落石対策を行う。 																																																						
内空断面縮小	<ul style="list-style-type: none"> SP14.0m地点で、高さが33cm、幅が60cm小さくなる。 最も内空断面の縮小が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> SP14.0m地点で、高さが15cm、幅が40cm小さくなる。 内空断面の縮小が2番目に大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> SP14.0m地点で、高さが6cm、幅が10cm小さくなる。 最も内空断面の縮小が小さい。 																																																						
夜 間 作 業	<ul style="list-style-type: none"> 夜間作業(12:00~4:00)であり、生コンの材料供給が困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間作業(12:00~4:00)であり、生コンの材料供給が困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 現場練りのプレバクモルタルを使用するため、材料供給の問題はない。 																																																						
昼 間 通 行	<ul style="list-style-type: none"> 型枠組立、コンクリート打設、養生が必要であり昼間通行は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間作業終了時に使用資機材を整理するため、昼間通行は可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 夜間作業終了時に使用資機材を整理するため、昼間通行は可能である。 																																																						
仮 設 ヤード	<ul style="list-style-type: none"> 組立セントルを使用するため、近隣に仮設ヤードが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要なライナを搬入するため、仮設ヤードは必要ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要なライナを搬入するため、仮設ヤードは必要ない。 																																																						
応 急 対 策 実 績	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策工実績は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策工の実績はある。 	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策工の実績は多い。 																																																						
恒 久 対 策 実 績	<ul style="list-style-type: none"> 長期的な耐久性が高く、恒久対策工の実績が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 恒久対策工の実績がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 恒久対策工実績はない。 																																																						
変 状 進 行	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートを打設するため、変状進行の確認は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ライナープレートを設置するため、変状進行の確認は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 吹付面にひび割れが発生するため、変状進行が確認できる。 																																																						
	<table border="0"> <tr> <td>準備工</td> <td>10日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】</td> <td>5日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】</td> <td>5日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3回(2.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】</td> <td>5日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>撤去片付工</td> <td>10日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>35日</td> <td></td> </tr> </table>	準備工	10日		1回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日		2回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日		3回(2.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日		撤去片付工	10日		計	35日		<table border="0"> <tr> <td>準備工</td> <td>10日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>基礎コンクリート</td> <td>【型枠+コンクリート】</td> <td>5日</td> </tr> <tr> <td>ライナープレート(21リング)【1日3リング設置】</td> <td></td> <td>7日</td> </tr> <tr> <td>裏込め注入</td> <td>【3回打設】</td> <td>3日</td> </tr> <tr> <td>撤去片付工</td> <td></td> <td>10日</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td></td> <td>35日</td> </tr> </table>	準備工	10日		基礎コンクリート	【型枠+コンクリート】	5日	ライナープレート(21リング)【1日3リング設置】		7日	裏込め注入	【3回打設】	3日	撤去片付工		10日	計		35日	<table border="0"> <tr> <td>準備工</td> <td>10日</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GFRPグリッド【GFRPアンカー+GFRPグリッド】</td> <td></td> <td>3日</td> </tr> <tr> <td>GFRPメッシュ【GFRPメッシュ】</td> <td></td> <td>3日</td> </tr> <tr> <td>モルタル吹付【4ブロック吹付】</td> <td></td> <td>4日</td> </tr> <tr> <td>撤去片付工</td> <td></td> <td>10日</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td></td> <td>30日</td> </tr> </table>	準備工	10日		GFRPグリッド【GFRPアンカー+GFRPグリッド】		3日	GFRPメッシュ【GFRPメッシュ】		3日	モルタル吹付【4ブロック吹付】		4日	撤去片付工		10日	計		30日
準備工	10日																																																								
1回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日																																																								
2回(4.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日																																																								
3回(2.5m)【組立+コンクリート+養生+脱型】	5日																																																								
撤去片付工	10日																																																								
計	35日																																																								
準備工	10日																																																								
基礎コンクリート	【型枠+コンクリート】	5日																																																							
ライナープレート(21リング)【1日3リング設置】		7日																																																							
裏込め注入	【3回打設】	3日																																																							
撤去片付工		10日																																																							
計		35日																																																							
準備工	10日																																																								
GFRPグリッド【GFRPアンカー+GFRPグリッド】		3日																																																							
GFRPメッシュ【GFRPメッシュ】		3日																																																							
モルタル吹付【4ブロック吹付】		4日																																																							
撤去片付工		10日																																																							
計		30日																																																							
直接工事費	10,650,000 円	13,130,000 円	9,120,000 円																																																						
総合評価	×	○	○																																																						

応急対策工内空断面図比較 S=図示

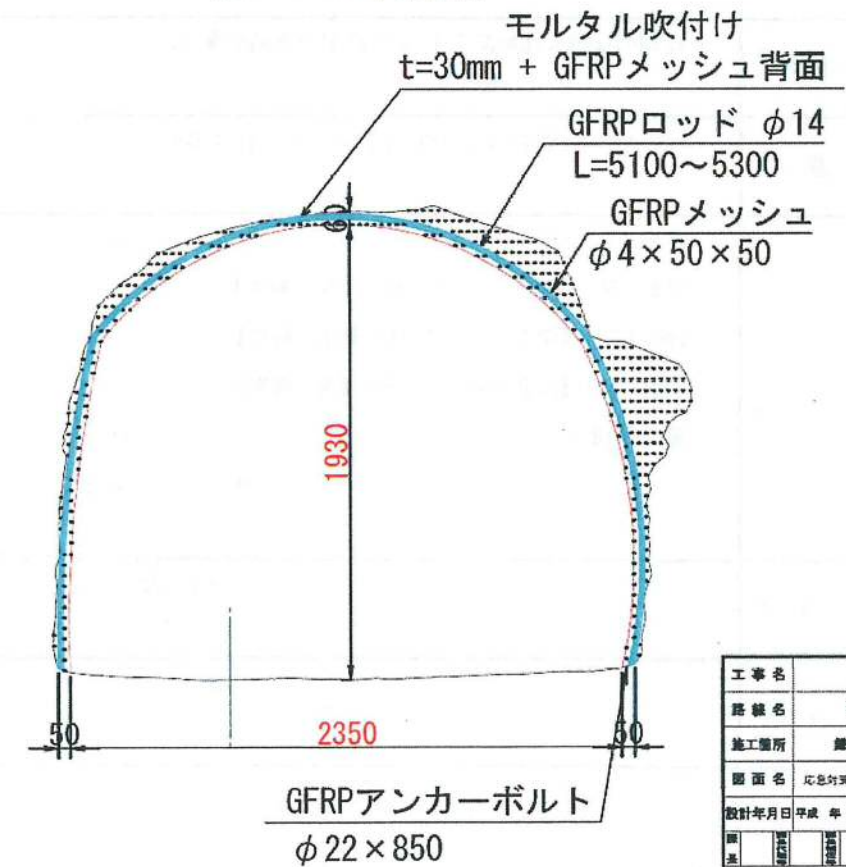
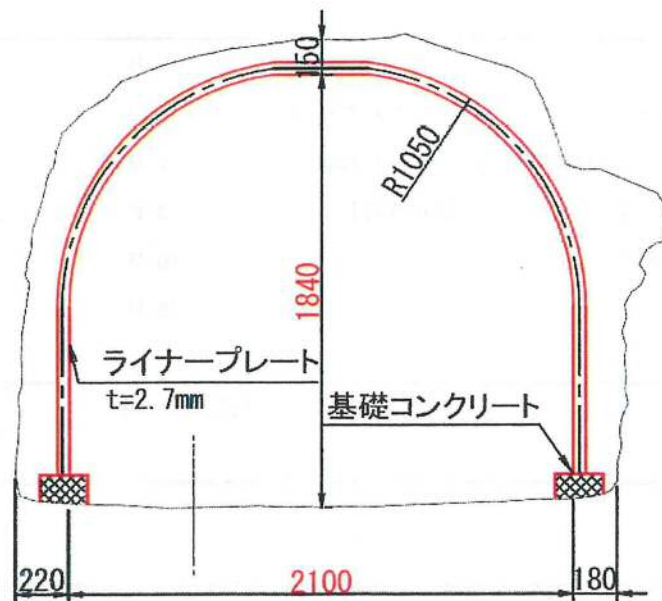
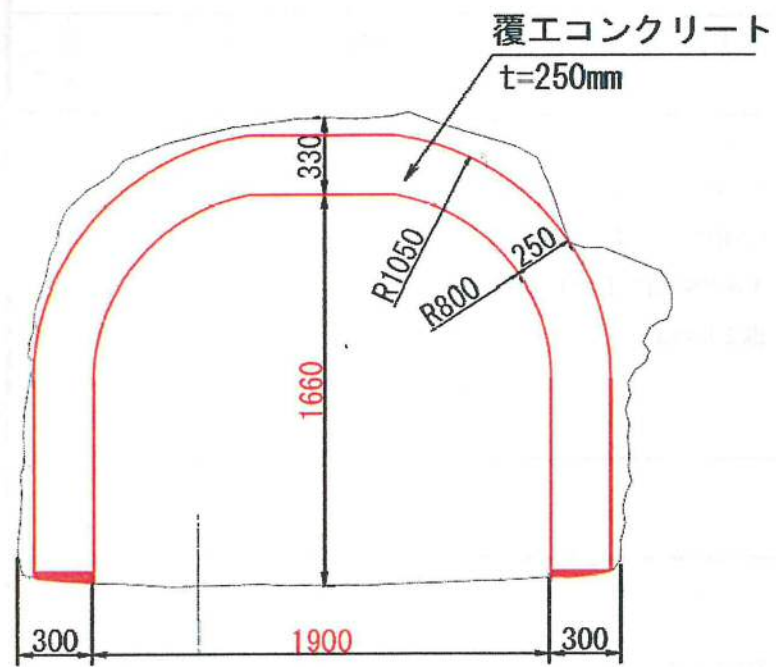
平面図 S=1:100



覆エコンクリート内空断面図 S=1:30
(SP14.0断面)

ライナープレート内空断面図 S=1:30
(SP14.0断面)

GFRPメッシュ+モルタル吹付内空断面図 S=1:30
(SP14.0断面)



工事名	
路線名	市道44-046号線
施工場所	鎌倉市山ノ内520番地
図面名	応急対策工内空断面図比較 図示
設計年月日	平成 年 月 日 図番号
図	表
鎌倉市 都市整備部 道路課	