

# 広島高速5号線トンネル安全検討委員会

## 報告書

平成24年(2012年)8月

## 目 次

はじめに	1
I 検討結果	2
II 留意事項	9
おわりに	10

(別冊資料)

- 審議経過
- 第1回～第9回委員会資料及び議事録

## はじめに

(経緯)

- 広島高速5号線トンネル工事は、平成12年度に事業着手した広島高速5号線のうち、二葉山及び尾長山を通過する延長約1.8kmのトンネル部を建設するための工事である。この工事について、広島高速1号線福木トンネルの工事で発生した地表面沈下を契機に、トンネル建設に伴う地表面沈下や土砂災害などを危惧する声があがったことから、事業を一旦休止し、トンネル建設に伴う地表面沈下や土砂災害等の周辺への影響について、審議・検討を行うこととなった。
- 広島高速5号線トンネル安全検討委員会は、このような経過の中で、平成21年9月に広島県、広島市及び広島高速道路公社により設置されたものであり、当委員会においては、広島高速5号線トンネルに係る地域の住民生活等の安全性を確認するため、以下の事項について、公正・中立な立場で客観的データに基づき、科学的な検討を行った。

### 【検討事項】

- 1 詳細な地質調査等の方法
  - 2 地質調査等の結果整理・評価
  - 3 トンネル施工に伴う地表面沈下の解析及びその対応策
  - 4 トンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響の可能性
  - 5 その他、委員会審議の目的のため、委員会が必要と認めるトンネルに関する技術的事項
- 当委員会では、第8回の検討委員会において、安全性に対する科学的な審議は、これまでの委員会の中で十分に尽くされたとの意見が多数を占めたことから、それまでの検討結果を整理し、第9回の検討委員会において報告書を取りまとめることとなった。

(本報告書の構成)

- 本報告書は、以下の主要な検討事項について各委員の意見を記した上で、意見の総括を行うとともに、仮にトンネル施工を行う場合の留意事項を取りまとめたものである。
  - ・ トンネル施工に伴う地表面沈下の解析及びその対応策
  - ・ トンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響の可能性

平成24年(2012年)8月10日

広島高速5号線トンネル安全検討委員会  
委員長 吉 國 洋

# I 検討結果

## 1 詳細な地質調査等の方法

### 【総括】

#### (1) 追加地質調査

6箇所（牛田東地区4箇所、中山地区2箇所）の追加ボーリング調査地点及び調査項目とその内容が決定した。

#### (2) 追加水文調査

追加ボーリング調査箇所では地下水位観測を行うとともに、既往水文調査箇所の観測を再開することが決定した。

### 【審議資料】

第4回委員会「当日配付資料ウ」及び「当日配付資料カ」 参照

## 2 地質調査等の結果整理・評価

### 【総括】

実施された5箇所の追加ボーリング調査等の結果により、地質平面図・地質断面図等が作成でき、地表面沈下の解析に進むことが了承された。

### 【審議資料】

第7回委員会 資料7—2 追加地質調査結果  
資料7—3 追加水文調査結果  
資料7—5 追加調査結果を踏まえた地質図について 参照

### 3 トンネル施工に伴う地表面沈下の解析及びその対応策

#### 【総括】

##### (1) 牛田地区

牛田地区については、

- ・ トンネルは、地質工学的に良好な岩盤を通過すること
- ・ 地山の地盤定数や地下水位などを厳し目（沈下を大きく見積る方向）に設定して解析した結果、トンネル掘削による岩盤の応力解放及び盛土や強風化部での地下水位低下による圧密沈下のいずれの解析沈下値も（社）日本建築学会指針の参考値と比べて小さい値であること

から、多数の委員が、地表の建物に被害が生じない状況で、安全なトンネル工事が可能であると評価した。

##### (2) 中山地区

中山地区については、

- ・ 牛田地区と同じく地盤定数等を厳し目に設定して解析した結果、土被りが小さい坑口部であり、解析沈下値は牛田地区と比べてやや大きめの値であること
- ・ 沈下対策等のための補助工法を施せば地表面沈下を小さく抑えることが可能であること
- ・ 中山坑口部は、地形的に土砂災害の可能性を考慮する必要があること

から、多数の委員が、道路の防災対策も含めて、開削工法により坑口部を築造するなど、地形条件を考慮した安全な施工方法を検討すべきであると評価した。

#### 【解析手法及び解析結果】

##### ① 解析手法

ア 地表面沈下の解析については、福木トンネルの事例を踏まえて、「地中応力解放による地盤変形」と「地下水位低下による圧密沈下」による解析結果を重ね合わせて沈下量を求めることとした。

イ 解析に使用した地山の变形係数、透水係数などの諸定数については、追加ボーリング調査の結果等を踏まえて、一般的に用いられる平均的な値より厳し目（沈下を大きく見積る方向）の設定とした。

ウ トンネル工法については、「NATM（排水型）」、「NATM＋止水工法（非排水型）」、「シールド（非排水型）」の3種類の工法について解析した。

② 解析結果

ア 牛田地区

(7) 排水型（地下水位の低下を許す工法）

トンネル工法	最大沈下量 (mm)			最大傾斜角 (rad)
	応力解放	地下水位低下	重ね合わせ	
NATM	2.0 ~ 6.3	3.2 ~ 11.8	5.3 ~ 14.2	0.2/1000 ~ 0.9/1000

(イ) 非排水型（地下水位の低下を抑える工法）

トンネル工法	最大沈下量 (mm)			最大傾斜角 (rad)
	応力解放	地下水位低下	重ね合わせ	
NATM +止水工法	2.0 ~ 6.3	—	2.0 ~ 6.3	0.1/1000 ~ 0.5/1000
シールド	0.7 ~ 2.7	—	0.7 ~ 2.7	0.1/1000 ~ 0.3/1000

イ 中山地区（坑口部）

(7) 排水型（地下水位の低下を許す工法）

トンネル工法	最大沈下量 (mm)			最大傾斜角 (rad)
	応力解放	地下水位低下	重ね合わせ	
NATM	2.5 ~ 16.7	21.2 ~ 35.9	26.1 ~ 51.0	0.5/1000 ~ 3.5/1000

(イ) 非排水型（地下水位の低下を抑える工法）

トンネル工法	最大沈下量 (mm)			最大傾斜角 (rad)
	応力解放	地下水位低下	重ね合わせ	
NATM +止水工法	2.5 ~ 16.7	—	2.5 ~ 16.7	0.2/1000 ~ 2.5/1000
シールド	0.8 ~ 16.0	—	0.8 ~ 16.0	0.1/1000 ~ 2.4/1000

## 【各委員の意見】

### (1) 牛田地区

審議が尽くされたとする委員から、次のような意見があった。

- 地下水位低下による圧密沈下を考慮しても、解析結果は小さい沈下量である。ボーリングコアを観察した印象とも合致しているため、十分に安全に施工できる。(朝倉委員)
- これまでの調査で、トンネルは良好な岩盤内にあり、上部にある盛土内の水位もその基底部付近にしかないことが判明した。これらを前提にした解析結果は常識的な範囲内の数値であるため、山岳工法でも十分に安全に施工できる。(大島委員)
- 解析結果から、トンネル工事に伴う沈下量は、十分に安全側の範囲の値に抑えられることが明らかになったことから、トンネル工事そのものについての安全性の検討は終了しても良いと考える。(海堀委員)
- 大規模盛土造成など、この地域が持っている潜在的な危険性とトンネル施工による影響を混同すべきでない。解析結果やボーリングコアの状況等から見ても、経験的にそれほど大きな沈下は生じないと考えられ、安全な工事は十分可能である。(角湯委員)
- 今回の追加ボーリングによって、岩盤モデルもしくは物性値を把握するための十分なデータを得ることができた。トンネル通過地点の地質は、良好な岩盤である。(金折委員)
- 解析に用いた地盤定数や地下水位の設定値等は安全サイドであり、解析結果から見ても小さい沈下量である。また、これまでの経験から、モニタリングを実施しながら十分安全な工事が可能である。(城間委員)
- 解析結果を見れば、安全な施工が可能というトンネル専門の委員意見に賛成である。(関委員)
- 厳し目に行った解析の結果を見れば、高速1号線と同様の沈下が起きるとは考えにくく、牛田地区では、安全な工事が可能である。沈下について、住民の方の不安があるならば、事前の家屋調査と、工事中のモニタリングをしっかりと行うこと。(西垣委員)
- 盛土団地の現状を着手前に調査し、問題があれば適切な対応をしておくことで、安全な施工が可能である。(山本委員)

審議未了とする委員から、次のような意見があった。

- 盛土の水文環境についての議論が不十分なので評価ができない。水文環境のきちんとした調査に基づいて評価をやり直すべきである。また家屋変形の実態に基づけば局部的な変形角が大きくなって、危険状態になる可能性があるため、現時点であえて評価すればバツである。(奥西委員)
- 解析結果は、沈下や傾きがあるので、トンネルを掘ることは不可である。1号線の検証も終わっていないし、1号線の被害を見る限り、とてもこのままOKを出すことはできない。(越智委員)
- 不安定な大規模盛土が分布し、現段階のデータだけで、トンネル施工に際しての安全性が十分検討されたとはとても言えない。現地精査を含め、さらなる検証が必要で、越智委員の意見に賛成。事務局名で掲出された「疫学四原則」の学術的妥当性も未解明である。(坂巻委員)
- 水文の調査結果と、解析モデルでの入力、あるいはそうした結果の相互関係の検証ができていないので、引き続き検討していただきたい。盛土の厚さ、性状に非常に不安があり、シミュレーションの精度に課題が多いことから、今の時点で考えても、何らかの変状が出て、住民生活に影響がでると思われる。(柴崎委員)
- 地表面沈下予測そのものの信憑性が得られていない。柴崎委員から、沈下予測に大きく影響する地下水動態モデルに致命的欠陥が指摘されている。福木トンネル事故では僅かな(0.7/1000)の沈下でも生活上の不安や家屋財産の喪失を住民が訴えている。(中根委員)

## 【各委員の意見】

### (2) 中山地区

審議が尽くされたとする委員から、次のような意見があった。

- 砂防的措置が必要といった観点で安全な工法を選定して工事を実施すべき。(朝倉委員)
- 堆積した土砂が結構あるため当然沈下はあり、普通の工法では問題があるが、切羽の安定及び土砂災害に考慮した対策で臨めば十分安全に施工できる。(大島委員)
- 道路管理上の防災対策とあわせて、この地区の居住エリアの土砂災害対策にもなるような総合的な計画を検討されてもよいのではないか。(海堀委員)
- 補助工法を施せば一般的な傾斜角の参考値(3/1000)を満足するが、地形等を考慮すると、土被りの小さい区間は家屋移転等も含めた対策を検討の上、工事を実施する必要がある。(角湯委員)
- 坑口付近の地質については、施工時に補助工法等を十分に配慮する必要がある。(金折委員)
- 土被り1D程度の場所は、補助工法規模も大きくなるので、経済性や長期の安全性を考慮すれば、開削工法や土砂防災対策も含めて検討する必要がある。(城間委員)
- トンネル専門委員の、安全な工法を見直した上で工事を実施した方が良いという意見に賛成する。(関委員)
- 沈下量がやや大きいので、更なる補助工法を実施する必要があるが、費用的な問題もあるので、開削などの工法も検討して実施した方が良い。(西垣委員)
- 沈下量がやや大きいので、更なる沈下対策による施工か、工法を見直して施工するといった意見に賛成する。(山本委員)

審議未了とする委員から、次のような意見があった。

- 計算結果をみるとこれはダメという印象である。砂防工事等により被害の発生を食い止められるということについては、きちんとした検証が必要である。(奥西委員)
- 解析結果は、沈下や傾きがあるので、トンネルを掘ることは不可である。1号線の検証も終わっていないし、1号線の被害を見る限り、とてもこのままOKを出すことはできない。(越智委員)
- 「岩盤の脆弱性は補助工法で克服する」と言うが、土石流の危険は竣工後もつきまとう。恒久的な安全性確保の見地からは、ルート選定自体を再検討すべきだと提言したが、取り上げられないまま現在に至った。「安全性が科学的に検討された」とはとても言えない。(坂巻委員)
- 非常に条件が悪い。工法で何とかなるといっても、非常に大きな負担になると思われる。何でこんな条件の悪いところにトンネルを通すのだろうかというのが率直な印象である。(柴崎委員)
- 地表面沈下予測そのものを第三者が検証できないだけでなく、一見しただけで、致命的な予測手法に欠陥が見られる。沈下予測による評価ができる段階ではない。なおさら、予測された沈下は、すでに福木トンネル事故で生活上の苦痛と家屋資産の喪失を受けている被害を超えるものである。(中根委員)



#### 4 トンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響の可能性

##### 【総括】

トンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響については、多数の委員が、これまでに施工されたトンネルの実態や専門的知見から、トンネル施工に伴い地下水水位が低下したとしても、それによって植生に影響を及ぼし、斜面崩落が発生するとは考えられないと評価した。

なお、事業を実施する際には、トンネルとの因果関係を明確にするため、植生の実態を把握しておくことは重要であることから、トンネル施工前の現況調査として、工事着手前に関委員が提案した調査を実施することが望ましいという意見が大勢を占めた。

##### 【関委員の提案】

###### ① 調査項目

- ア 尾長山における細密植生図の作成
- イ 二葉山、尾長山における毎木調査
- ウ 二葉山、尾長山における植生調査

###### ② 調査期間及び調査時期

調査期間は約1年とする。

仮にトンネル工事をすると判断された場合、すみやかに実施すれば良い。

## 【各委員の意見】

審議が尽くされたとする委員から、次のような意見があった。

- 日本には2万km以上のトンネルがあるが、直上の樹木に影響があったという学術的な報告はない。(朝倉委員)
- 降雨がある限り、トンネル上の植生が必要とする土壌水は減らない。したがってトンネル施工と土石流との因果関係はあり得ないことだ。これらは広島市内の比治山や美鈴が丘ニュータウンのトンネル事例など、過去多くの施工事例からも明らかである。(大島委員)
- トンネルを掘ることによって水位が低下し、山地斜面に生育している植生が枯れて、斜面崩壊が起こり土石流が発生しやすくなる、という考え方のプロセスは、これまでそのような事例で社会問題になったことがない。関委員提案の基礎的な調査の実施には賛成。(海堀委員)
- 関委員の調査案は、トンネル掘削による植生への影響を見るという観点から、必要かつ十分なものである。(角湯委員)
- 科学的にみて関委員の調査案で十分である。(金折委員)
- これまでトンネルを何千本掘っているが、トンネル上部の植生が枯れ裸になったことはない。植物は土壌水で生きているので、地下水位の低下で枯れることはない。(城間委員)
- 調査は、トンネル掘削の影響を経年観察するために、事業実施の判断がされた後、工事に着手するまでに実施すればよい。(関委員)
- トンネルを掘って地下水位が低下し、災害が起きたという事例はない。むしろ、地すべり崩壊を防ぐために、トンネルを掘って地下水位を下げることもある。(西垣委員)
- 関委員の調査案に賛成する。(山本委員)

審議未了とする委員から、次のような意見があった。

- 関委員の調査案に基本的に賛成。しかし、中根委員案の年輪解析調査も必要である。関委員は植生景観の保全の重要性も認められた。委員会規約に則れば、委員会はトンネル施工に伴う斜面崩落や植生への影響の可能性を検討することになっている。これを行わないのは不当である。(奥西委員)
- 関委員の調査案には賛成。しかし、中根委員案の年輪解析調査も必要である。(越智委員)
- 「トンネル施工による地下水位低下の悪影響はない」というが、追跡調査が不十分なことが多く、第三者による完工後の変状報告は少なくない。福木・西風トンネルの実地調査がなされなかったこと、関案の結果検証が当委員会の解散後になる事等は、不適切である。(坂巻委員)
- 関委員の調査案には賛成。しかし、中根委員案の年輪解析調査も必要である。(柴崎委員)
- 4号線では、トンネル掘削で、地下水位が30m以上低下し、その結果樹木の生長が著しく低下した。尾長山、二葉山の北斜面の多くの樹林は松枯れ後で根系の土壌を捕える力が弱く、トンネル掘削でそれが長期に継続される場合、土石流・斜面崩壊の危険が高い。(中根委員)

## Ⅱ 留意事項

### 【総括】

仮に事業実施の判断がなされた場合には、地域住民の安全を第一に考え、丁寧かつ適切な施工をする必要がある。このような観点から、住民の安心に繋がるよう、本委員会で提案されたトンネル施工に関する留意事項を列挙する。

#### 1 家屋等の事前調査の範囲設定について

トンネル上部の盛土の分布や地下水位低下の範囲を考慮の上、家屋等の事前調査の範囲をできるだけ広く設定すること。

#### 2 透明性の高い計測計画について

工事中は地表面沈下等の計測管理を適切に行うとともに、計測結果を速やかに開示すること。

#### 3 施工時の管理基準値のあり方について

地表面沈下の管理基準値を沈下予測値を基に厳し目に定め、計測値が管理基準値を超えそうな場合には、直ちに追加の対策工法の検討を行うなど、計測値と管理基準値の比較を行いながら進めること。

#### 4 トンネルの掘削に伴う振動について

トンネル掘削に伴う振動等を抑制するため、制御発破や機械掘削など実績ある掘削方式の中から、周辺状況を十分に考慮して工法選定すること。

#### 5 牛田地区の大規模擁壁の事前調査について

トンネル施工が原因となって、大規模盛土造成地の滑動崩落を引き起こすようなことはないと考えられるものの、地域住民の不安解消の観点から、牛田東一丁目と三丁目の間の大規模擁壁については、現状の把握のために事前調査し、問題があれば適切な対応をすること。

## おわりに

当委員会に与えられた役割は、公正・中立な立場で、客観的データに基づき、科学的に審議・検討を行うことであり、広島高速5号線事業の実施の可否については、当委員会の設置者である広島県、広島市及び広島高速道路公社の判断となる。

委員長としては、この与えられた役割の中で、科学的な審議・検討は尽くされたものと考えているが、広島県、広島市及び広島高速道路公社にあっては、地域の住民生活等の安全性の確保を第一とした適切な対応をされることを期待する。

なお、仮に事業実施の判断がなされる場合には、留意事項と合わせ、万が一の補償についても誠実かつ適切に対応されるべきであることを付言しておく。

各委員におかれては、委員会の設置以来、長期間に渡って、それぞれの知見に基づき、積極的な審議をいただいたことに、委員長として謝意を表すものである。

## 委員の構成

平成 24 年 8 月 10 日時点

氏名	所属・役職	専門分野
朝倉 俊弘	京都大学大学院 工学研究科 教授	トンネル工学
大島 洋志	首都大学東京 客員教授	地質工学 (トンネル、地下水)
奥西 一夫	京都大学 名誉教授	災害地形学
越智 秀二	比治山女子中学高等学校 教諭	花崗岩岩石学
海堀 正博	広島大学大学院 総合科学研究科 教授	自然災害科学 砂防学 林学
角湯 克典	※～平成 24 年 6 月 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ 上席研究員 ※平成 24 年 7 月～ 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室長	トンネル工学
金折 裕司	山口大学大学院理工学研究科 教授	構造地質学
坂巻 幸雄	元通産省地質調査所 主任研究員	資源地質学 環境地質学
※平成 23 年 9 月～ 柴崎 直明	福島大学 共生システム理工学類 教授	地下水盆管理学 水文地質学 応用地質学
城間 博通	※～平成 23 年 6 月 (株)高速道路総合技術研究所 道路研究部 トンネル研究担当部長 ※平成 23 年 7 月～ 西日本高速道路メンテナンス九州(株) 保全事業本部 保全計画部長	トンネル工学
関 太郎	広島大学 名誉教授	植物分析学 植物生態学
中根 周歩	広島大学 名誉教授	生態系生態学 環境生態学
西垣 誠	岡山大学大学院 環境生命科学研究科 教授	地盤環境解析学 (地下水)
山本 春行	広島大学大学院 国際協力研究科 教授	地盤・建築基礎工学
吉國 洋 ※委員長	広島大学 名誉教授	土質工学

(50 音順・敬称略)

## 退任された委員 ※所属・役職は、委員就任時のもの

平成 21 年 8 月 31 日～平成 22 年 3 月 31 日までの間

富井 利安	広島修道大学大学院法務研究科 教授	環境法
-------	-------------------	-----

平成 21 年 8 月 31 日～平成 23 年 3 月 31 日までの間

佐々木 健	広島国際学院大学工学部 バイオ・リサイクル学科 教授	生物工学 環境化学
-------	-------------------------------	--------------

平成 22 年 7 月 9 日～平成 24 年 3 月 31 日までの間

横山 信二	広島大学大学院 社会科学研究科 教授	環境法
-------	--------------------	-----

(敬称略)