

2013年12月27日

横浜環状南線でのトンネル工事に関する意見書

福島大学共生システム理工学類 教授
柴崎 直明

私は、平成24年12月26日に国交省事業評価監視委員会が一般国道468号首都圏中央連絡自動車道（金沢一戸塚）（横浜環状南線）の再評価の結果、付帯意見を付して事業を継続とすると発表したことに关しまして、トンネル工事に関する意見を申し述べます。

1. 意見書提出の背景

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震およびその後の余震による東日本大震災により、東北3県の岩手、宮城、福島をはじめとして東日本各地は未曾有の大災害に見舞われた。被害は大規模な津波だけでなく、地震動による斜面災害や土砂災害、地盤の液状化など多岐におよび、大規模造成地をはじめとする盛土地盤の脆弱性が改めて明らかになった。また、地震・津波による東京電力福島第一原子力発電所での事故は福島県をはじめ各地に深刻な被害をもたらし、それまでの「安全神話」が通用しないことを浮き彫りにした。私は、横浜環状南線の建設予定地の周辺に居住する住民により結成された横浜環状道路（圏央道）対策連絡協議会（略称「連協」）からの依頼により、現地を視察するとともに関連資料に目を通した結果、地質や地下水を専門にする立場から横浜環状南線でのトンネル工事に関して大きな問題があると判断したことから、その内容を意見書にとりまとめる次第である。

2. 小泉淳教授（外部専門家）の「関東地方整備局事業評価監視委員会（平成24年度第5回）議事録」に記されている発言内容について

（1）「地盤は皆さんが心配しておられるようなやわらかい埋め土ではなく、盛土としてもしっかりした土ができていますと思われる。」（議事録9ページ）について

「平成19年度 横浜環状南線 庄戸地区土質調査 報告書」のP.27に示されているNo.2孔で、下位盛土（深度9.10～22.85 m）は「上位盛土よりも緩い締め具合を呈すが…」の記載がある。また、N値が5を示すところが3箇所ある。P.28のNo.3孔の下位盛土（深度11.90～28.35 m）も同様の記載があり、N値は4が2箇所、5が2箇所ある。さらに、P.31のNo.6孔で、上位盛土（深度0～7.10 m）でN値が1であるところが1箇所ある。P.41の層序表に、上位盛土の表層部は転圧時の締め固め効果が発揮されて、締まっているとの記述がある一方で、下位盛土は泥岩、砂岩等の軟岩を材料として埋めた谷埋型盛土と記述されている。P.45のN値ヒストグラムによると、下位盛土は上位盛土よりも軟弱であ

ることは明らかである。また、上位盛土は全てが締りがよいわけではなく、N 値のばらつきが大きい。

「横浜環状南線 公田地区土質調査 報告書」(平成 21 年 3 月)には、H19-1 孔において、盛土が深度 11.70 m まで確認されている。地下水位は 8.00 m であり、盛土内に地下水が分布する。ボーリング柱状図には、深度 7.00 m より逸水があり、深度 10.80 m で完全逸水の記事がある。N 値は盛土基底部(深度 11.15~11.45 m)で 8 回と、他の盛土部分よりも低くなる。P.6-5 の断面図では、桂台の No.14-2 孔で深度 15~16 m 付近まで盛土が分布している。また、この付近の盛土内水位は地山の水位よりも浅く描かれている。N 値は、盛土の下部で低くなる傾向を示す。P.6-8 の N 値一覧表には、桂台トンネル付近の盛土の N 値の最低値(既存データ)は 1 となっている。P.7-4 公田掘割擁壁部付近の地質断面図には、Ts 層(盛土)の下位に、軟弱な沖積粘土層(Ac 層)が分布すると描かれている。P.7-5 には、「基盤層の上部に堆積している盛土が側方流動する可能性が考えられる」と記述されている。H19-4 孔では、盛土は深度 6.90 m まで分布する。ボーリング柱状図には、地下水位が深度 3.50 m 付近から確認されたと記載されている。N 値は深度 4 m 付近で 4 回と低い。P.7-10 には、粒度組成について「GL-6.00 m 付近では、細粒分の混入が多いことが確認された」と記述されている。P.7-11 には、「今回の試験で得られた盛土層のコンシステンシー指数は、 $I_c=0.670\sim0.686$ であり、塑性図からも比較してみると粘性土が多い部分は高圧縮性で透水性が悪く、乾燥しやすい状況といえる」と記されている。

「横浜環状南線 公田地区土質調査 図面集」の公田地区(図面番号 3/10) H14-1 孔では盛土が 16 m 以上の厚さで確認されており、しかもその下位に沖積粘土層が 3 m 程度分布する。この沖積粘土層や盛土下部の N 値は低く、軟弱である。栄東工事区(図面番号 4/10)では盛土が厚く、H19-1 孔や H8-5 孔では、盛土の基底部で N 値が 10 未満となっており軟弱である。一方、H8-6 孔では盛土内に地下水位が確認されており、盛土層厚の半分以上が地下水面下となっている。工事により盛土内の地下水位が低下すれば、盛土内の軟弱層で有効応力の増加により圧密沈下が発生する可能性がある。全線(1)(図面番号 6/10)によれば、庄戸地区の H19E-2 孔で盛土が 22 m 程度厚く確認されていることが特徴的であり、N 値をみると下位盛土のほうが軟弱である。また、断面図では地下水位が浅い部分に分布するとされており、工事により地下水位が低下すると、圧密沈下が発生する可能性がある。全線(2)(図面番号 7/10)によると、比較的地盤標高の高い H14-2 孔で約 20 m の盛土が確認されており、やはり下位盛土の方が N 値は低い。この断面図が正しいとすると、盛土層厚は局所的に急変しており、圧密沈下により地表部は不等沈下を起こす可能性があり、地表部の構造物に影響が出ることが懸念される。

以上のことから、「盛土としてもしっかりした土ができています」との小泉外部専門家の発言内容は間違っており、当該地域の沖積層や盛土に軟弱部分があり、地質条件の悪い箇所を通るトンネルであると判断される。とくに、沖積層中の腐植土層や粘土層、下位盛土は N 値が低く注意が必要である。しかも、盛土内や沖積層分布地での地下水位が

比較的浅いので、トンネル工事により地下水位低下が発生すると、地盤沈下が起こる可能性が十分考えられる。

(2)「盛土が施工され40年も経つともうしっかりしたものになっており、これ以上の沈下は、よほどのことがないと生じないと感じます。」(議事録9ページ)について

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震(マグニチュード7.4, 最大震度は仙台市などで震度5)では、1960年代に造成された緑ヶ丘団地などで地盤崩壊が発生し、造成地での地震による地盤災害が注目されるきっかけとなった。平成11年度の土木学会東北支部技術研究発表会で金子ほか(2000)が発表した仙台市南光台団地における1978年宮城県沖地震直後とその20年後の地盤性状に関する調査結果によると、3地点で実施したボーリングによる深度4~10mのN値の平均値は地震直後および20年後とも4.6であり、20年経過してもN値は全く変わらず軟弱なままであった。このことは、小泉専門家の発言内容とは異なっており、小泉専門家の発言は実態調査に基づかない憶測によるものと判断される。

2011年の東日本大震災でも、1978年宮城県沖地震で被害を受けた仙台市の造成団地で同様の被害を受けた地域があり、福島市でも造成してから年数を経た造成地で地盤災害が発生した。

(3)「埋め土の部分もかなりしっかりした埋め土のため、ここだけトンネルをつくったからとか、つくらないからということで(地震により)大きな被害が生じることはないだろうと想定できます。」(議事録10ページ), および「ここは砂を含んでいますが、粘性土が十分入っていますので、まず、どういう揺すられ方をしても液状化は起こらないと言ってよいのではないかと思います。」(議事録11ページ)について

前述の(1)で指摘したように、当該地域の盛土や埋め土は「かなりしっかりした埋め土」とは言えないことは明らかである。前項(2)で紹介した仙台市南光台団地では、NB5地点の深さ4~10mの地層の平均砂分が73%であり、地盤が液状化したとされている(金子ほか, 2000)。当該地域は地下水位が浅く、しかも小泉専門家自身が「盛土のサンプルをしっかりとさわらせていただきました。手でもみまして水を入れてみたところ、かなり吸水性がありました。砂が相当程度入っているということで、かなりしっかりした盛土になっているという感じがします」(議事録9ページ)と発言しているように砂が多いとしているので、「液状化は起こらない」と断言することはできず、むしろ液状化する危険性があることを念頭に置くべきである。

(4)(地下水位について)「盛土の部分は、やはり砂もありますし、若干完全に岩には戻ってないものですから、約5、6m下まで水が浸透していることがわかります。」(議事録11ページ), および「雨が降ると地下水位が上がっていく、これは浸透性が非常にいいということです。」(議事録11ページ), および「盛土部分は、かなりしっかりした土で埋めら

れていて、それが40数年もたっているのに、固結し始めていること、水位があそここのころでとまっているというのは、かなりしっかりとしたベッドになっているというような感じがいたします。」(議事録 12 ページ)、および「現在、地表から10mぐらいのあたりに地下水位があります。地盤改良をして土を置換することで、地下水はトンネルに沿って流れていきますので、水がたまって、どんどん水位が上まで上がってくるということはないと思います。」(議事録 13~14 ページ)、および「山岳トンネルのような非常に堅い岩ではありませんが、普通のNATMで十分施工できる地盤です。」(議事録 14 ページ)について

基本的に地下水位の変動や水位の分布についての事実認識が不十分で、矛盾した内容の発言をしている。また、NATMで掘削した場合に地下水位が低下し、盛土内の地下水が排出されて圧密沈下を起こす可能性があることに言及していない。「浸透性が非常にいい」、「地下水はトンネルに沿って流れていく」、「NATMで施工できる」ということは、トンネル掘削により盛土内の地下水が排出され、水位低下を引き起こし、地盤沈下が発生することにつながることを専門家であれば心配するはずであるが、そうした指摘をしていない。

「平成22・23年度 横浜環状南線 水文調査 報告書」では、庄戸地区の5本の観測孔において、いずれもH20年からH23年にかけて地下水位が低下する傾向がみられる。庄戸No.2孔は下位盛土の水位を測定しているが、最高水位はH20年7月の標高78.30m、最低水位はH24年2月の70.41mである。最低水位の位置は、下位盛土の中部に位置している。冬季の最低水位は、H21年1月が72.66m、H22年2月が71.64m、H23年5月が71.16m、H24年2月が70.41mである。無降雨期の水位低減曲線は直線状に低下するパターンを示す。庄戸No.3孔も下位盛土の水位を測定しており、最高水位はH20年7月の標高78.38m、最低水位はH24年2月の70.22mである。最低水位の位置は、下位盛土の上から1/3付近に位置している。水位はH23年から低下傾向が顕著になり、毎年の最低水位はH22年からH24年にかけて約3m低下している。無降雨期の水位低減曲線は直線状に低下するパターンを示す。庄戸地区で最も水位低下が顕著なのは庄戸No.5孔(砂岩)で、H23年以降水位が低下するとともに水位変動幅が小さくなっている。降雨に対する応答は、No.1(砂岩)、No.2(盛土)、No.3(盛土)は比較的鈍いが、No.4(泥岩)、No.5(砂岩)、No.6(泥岩)では比較的敏感に変動している。また、No.4~No.6では、無降雨期の水位低減曲線が水位低下に伴い緩やかになる一般的なパターンを示す。

湘南桂台地区では5箇所の観測孔で地下水位が観測されており、このうちH15-2とH16-1、H16-2が盛土の地下水位を測定している。H15-1(砂岩)とH15-2(盛土)は似た水位変動パターンを示すが、H20~22年までH15-1の水位が1m程度高かったものの、H23年以降はほぼ同じ水位標高となった。両方とも、H23年以降、水位の低下傾向を示す。降雨に対する応答をみると、盛土の地下水位の方が少ない雨でも敏感に反応している。H15-2の年間の水位変動幅は、H22年までは1.5m程度であったが、H23年以降は2m程度に大きくなっている。H16-1孔とH16-2孔では、H23年に水位計が故障しており、グラフでは欠測および異

常値を掲載したままとなっている。H23年11月以降は正常な計測に戻っているが、H24年2月には両方とも最低水位を記録している。なお、H15-3孔（砂岩）の水位変動幅は盛土内地下水の変動幅よりも小さく、経年的な水位低下は認められない。

以上のことから、当該地域の地下水の特徴と必要となる解析について、以下の事項を指摘する。

①盛土内に地下水があり、その地下水位は水位低下時においても下位盛土内中部から上部にある。トンネル工事により地下水位が低下すると、盛土の沈下（とくに軟弱な下位盛土の沈下）が懸念される。

②H23年以降、地下水位が低下傾向を示す観測孔が多い。H23年の降水量が少なかったことが原因のひとつと考えられるが、H23年以降に水位の変動パターン（変動幅）が変わったようにみえる地点もあり、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の地震動で、地層の性状が変化した可能性が考えられる。

③盛土の沈下が懸念される状況であるのに、圧密試験や沈下解析が行われていない。下位盛土や沖積層腐植土および粘性土について、圧密試験をおこない圧密特性を把握するとともに、工事による地下水位低下予測や圧密沈下計算をしっかりと行うべきである。

④43箇所の観測孔で地下水位観測を行っているにもかかわらず、地下水面図を作成していない。観測記録に基づき、年別・季節別の地下水面（地下水位）コンター図（平面図と断面図）を示すべきである。また、この観測記録を再現するための3次元地下水流動解析を行うべきである。そして、十分に検証されたモデルによる計算水位を使用して、信頼できる土質定数を入力した沈下予測計算を行うべきである。

3. トンネル付近での地下水流動方向について

都市型トンネル施工技術検討会第3回検討会資料（概要版、平成20年10月7日）の8ページに「図-6.2 地下水位コンター図」が掲載されており、地元向けに「このあたりの地下水はトンネルに平行に流れているので地下水の流れを遮断するようなことはありません。従って地下水障害もありません」という主旨の説明を事業者側がしているようである。この図には2mと5m間隔の地下水位コンターが描かれているだけで、地下水位を実測した地点の位置や井戸深度、いつ測定されたものなのかなどの基本情報が示されていない。その形状を杉本（1981）が示した横浜市の被圧水頭分布図と比較すると類似していることから、「図-6.2」は深層部の被圧水頭分布（広域的地下水流動系）を示しているものと推測される。

一般に、平面的には同一地点であっても、地下水流動系の違いや帯水層の違いにより深度方向に地下水位（あるいは地下水頭）が異なることが知られている。とくに、横浜市では、杉本・梅原（1991）や内藤（2002）が示しているように、丘陵～台地部の帯水層が2～3層に区分されており、帯水層ごとに地下水位分布や水位変動パターンが異なることが報告されている。

事業者側が提示した都市型トンネル施工技術検討会第3回検討会資料（概要版，平成20年10月7日）の4ページにある「図-3.3 検討断面位置図」においても，地質断面図に地下水面を表すと判断される青線が描かれているが，その形状は8ページの「図-6.2 地下水位コンター図」に描かれている地下水面とは大きく異なり，地形の凹凸に対応して地下水面にも凹凸がみられる。実際，ボーリング資料による孔内地下水位の分布にも凹凸があり，トンネル通過予定地点の浅層地下水面の分布は，起伏のある局所的地下水流動系を示すと判断される。

このように，事業者側の「このあたりの地下水はトンネルに平行に流れているので地下水の流れを遮断するようなことはありません。従って地下水障害ありません」という主旨の説明は，トンネルが通過するところより深層の被圧地下水頭の大まかな分布を使ってトンネル通過部分付近に相当する浅層地下水（不圧地下水）の流れを説明しようとしており，大きく間違っただけである。

当該地域のような台地に谷が複雑に入り込んだ地域では，こうした地形の起伏により浅層地下水は複雑な局所的流動系を示し，その流動方向は場所により大きく異なると推測される。そのため，地下水の流動方向は必ずしもトンネルに平行であるとは限らず，たとえば庄戸地区と桂台地区を境するいたち川沿いの谷では，地下水流動方向は南から北と推定され，トンネルがこの流れを遮断すると予想される。

事業者側は，これまでのボーリング孔における地下水位の実測値や湧水地点の標高などをもとに，トンネルが通過する盛土を含む浅層部の不圧地下水面図を正確に作成して，早急に公表すべきである。

以上