

台湾新幹線 C215工区 桃園トンネル建設工事

Construction of Taiwan High Speed Rail Project C215 Taoyuan Tunnel

土原 久哉 (つちはら ひさや)

大林組・互助營造 JV 台湾新幹線 C215 桃園トンネル

山田 豪 (やまだ たけし)

大林組・互助營造 JV 台湾新幹線 C215 工事事務所 所長

中垣 秀昭 (なかがき ひであき)

大林組・互助營造 JV 台湾新幹線 C215 桃園トンネル 副所長

吉川 晃司 (よしかわ こうじ)

大林組・互助營造 JV 台湾新幹線 C210, C215 工事事務所 総合所長

1. はじめに

台湾新幹線建設工事は台北駅から高雄駅までの326.3 km の区間にトンネル15%, 高架橋75%, 切盛土10%から構成される大規模海外建設プロジェクトである(図-1)。1997年12月に台湾政府交通部と台湾高速鉄道(THSRC)と台湾南北高速鉄道の建設および営業契約を締結した。台湾新幹線の仕様は台北-高雄間を最高速度300 km/h(営業)で結ぶ予定であり、民間BOT方式を採用している。2000年4月に土木工事が全工区ではほぼ一斉に始まり、現在工事は佳境に入っている。本報告はC215工区(40.5 km)の中で桃園(Taoyuan)トンネルに関する工事現況報告である。

2. 台湾新幹線 C215工区概要

台湾新幹線 C215工区は台北市から27 km 南西に位置する。2000年4月に大林組-互助營造JV (OFJV) が設計・施工として受注した。全体工期は51箇月である。工事延長は40 460 mで、その内訳は山岳トンネル6 706 m, 高架橋29 331 m, 地下駅部へのアプローチ2 758 m, そして切盛土1 234 mで構成されている。効率よく工事を進めるために、設計を施工場所・構造物別にデザインユニットに分けている。また施工進度に合わせ、第一段階は掘削工、第二段階は覆工というように合計5段階で設計を進めている。設計・施工図書はCICE (Contractor's Independent Checking Engineer) のチェック機関を通し、THSRCの承認、そして実施工という流れとなっている。

契約時の施工スペックはCNS, BS, AASHTO, ASTM等のスタンダードを参考に作成されており、それをJVで工事用スペックとして改案し、施工・品質管理基準としてCICE, THSRCへ提案し、承認をうける。

施工の品質保証としてISO9000, 9001に基づいた自主品質証明(Self Certification)を採用している。JV内に自主検査部門を設け、計画(Project Quality Planning), 検査(Inspection/Check List), 不具合の識別と管理(NCR/CAR)による品質保証システムを実施している。THSRCからは定期的に品質管理記録の監査を受ける(Monitoring & Audit)。

3. 桃園トンネル

3.1 工区概要

施工場所は風光明媚な桃園県北部の丘陵地帯に位置し、近くには台湾の玄関口である中正国際空港がある。桃園トンネル(総延長2 364 m)は山岳トンネル部としてNo. 1 トンネル(492 m), No. 2 トンネル(792 m), No. 3 トンネル(756 m, そのうち228 mは開削トンネル)と開削トンネル部としてNo. 2A トンネル(180 m), No. 2B トンネル(144 m)からなる(図-2)。掘削断面は約140 m² ($R=6.900$) 縦断勾配0.6~2.5%の大断面複線トンネル(排水型トンネル)である。標準断面を図-3に示す。地層は主に礫層、砂層、粘土層の未固結地

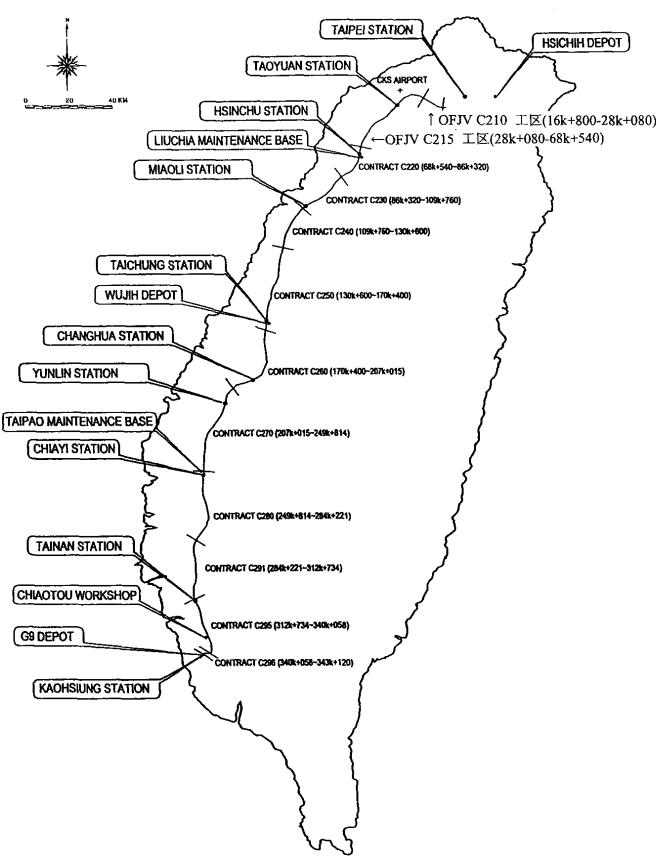


図-1 台湾新幹線路線図

論 文

山から構成され、土被りは20~40 mである。地下水位は事前ボーリング調査結果から全体的に低いと予想された。

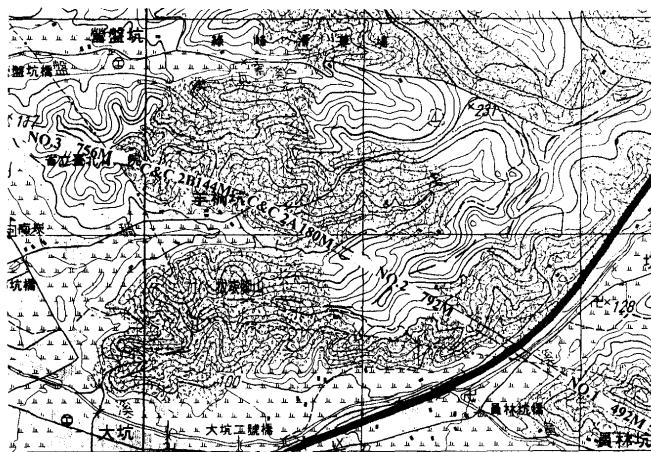


図-2 桃園トンネル位置図

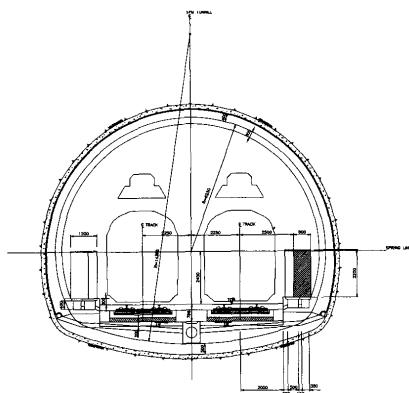


図-3 標準断面図（排水型山岳トンネル）

3.2 桃園トンネル No. 3

2001年2月に仮設ヤードの関係上31K+250地点に坑口付後、高雄に向けて下り勾配で上半断面にて掘進した(図-4)。当初は締まった礫層中に砂層が堆積しており、湧水もなく非常に安定した切羽で月進150 mを記録したが、TD 300 m付近から切羽は均等係数が5以下の細砂に支配され、湧水量も増加してきた(地下水位SL+1.0 m, 60~70 l/min)。切羽両側に水平水抜きボーリングを試みたが、局所的で複雑に存在する帶水層からの確に水を抜くことは困難であり、さらに細砂も引き込んでトンネル周辺地山を乱し、逆に悪影響を及ぼした。水を含ん

だ細砂は地山の支持力を失い、トンネル沈下は設計許容値80 mmに接近していった(図-5)。そしてTD 405 m付近で切羽天端右側が突然崩壊し、約20 m³の土砂が流入した(図-6)。流入箇所周辺には約50 m³ほどの空洞部を含んだ緩み領域が生じていた。切羽近くのトンネル沈下は総計で12 cm、内空変位は30 cmに達した。対策工として切羽安定のためフォアポーリングを打設し、ウレタン注入で空洞を十分に充填し、鏡ボルトも打設した。また、切羽後方約10 m区間で吹付けコンクリートに亀裂が生じており、背面に広範囲の緩み域と空隙が存在したため、天端部ウレタン注入と仮インバートの閉合を行った。また側壁部に長尺の増しロックボルト($L=12\text{ m}@1.0\text{ m}$, 自穿孔タイプ)を打設したが数本は長尺穿孔が帶水層にあたり、湧水を引き込んでトンネル周辺地山を乱した。また、緩み域内の穿孔壁の閉塞によりモルタルを十分に充填できないことから、ロックボルトの支保効果はあまり期待できないと考えられる。その後補助工法として天端部を確実に安定させるため、縫返し工も含めAGF-OFP工法($L=12.5\text{ m}@0.4\text{ m}$ ウレタン系注入材)を採用した(図-7)。一方、上半脚部では湧水量が増加し、泥濘化して脚部沈下が進んだため上半にミニベンチを地下水位より高い位置に設け($H=1.0\text{ m}$)、脚部をドライに維持して掘進した。ベンチを追いこむときにはウイングリブ付きラチスガーターで脚部安定を確保しようとしたがウイングリブ拡幅時の土砂崩壊が予想以上に激しく、側壁から肩部まで空隙および緩み域を進展させ、トンネル周辺地山を不安定にする結果となった。そこであらかじめ単管パイプ(2 in × 4 m)を拡幅部周辺に数本打ち込み、モルタルを注入してウイングリブ建て込み時の崩壊を抑止した。それでもなおトンネル沈下が進行する場合は部分的にウレタン注入、脚部補強ボルト、パイル(6 m)を行った。その後湧水量は減少し、2001年10月に上半が無事貫通した。下半掘削時も湧水と細砂に悩まされたが、上記対策工を施した。

3.3 桃園トンネル No. 1

2001年11月に坑口付けを行った。地質は粘土層(SL+4 m)の上に非常に緩んだ礫層が堆積しており、玉石のサイズは50~80 cmと他トンネルに比べ大きく、過去の地すべり跡と考えられる。地下水位は事前に坑口周りに長尺の水平水抜きボーリングを行ったため、既に下半盤より低下している。坑口切土開始時から緩んだ礫層の

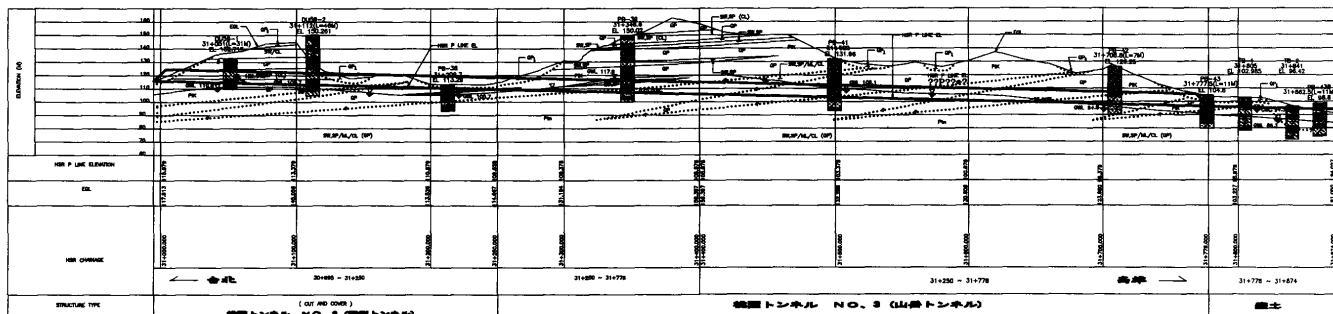


図-4 桃園トンネル No. 3 縦断図

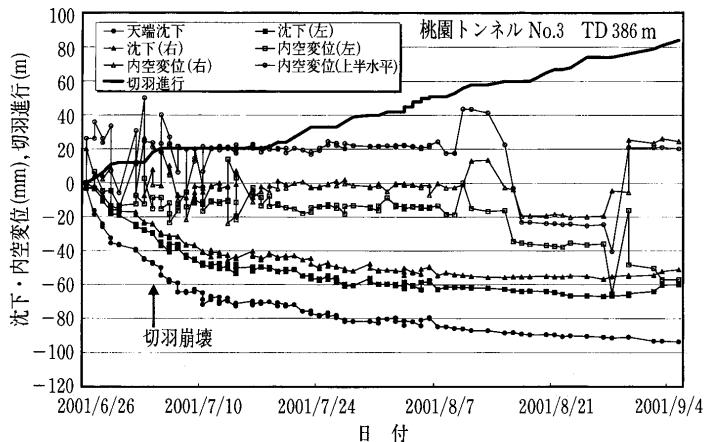


図-5 桃園トンネル No. 3 沈下計測結果（上半）

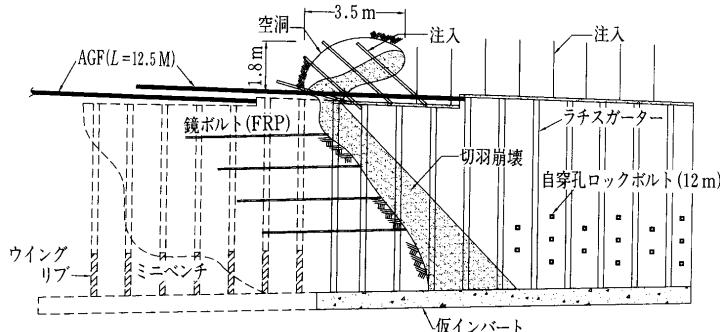


図-6 桃園トンネル No. 3 切羽の崩壊（上半）

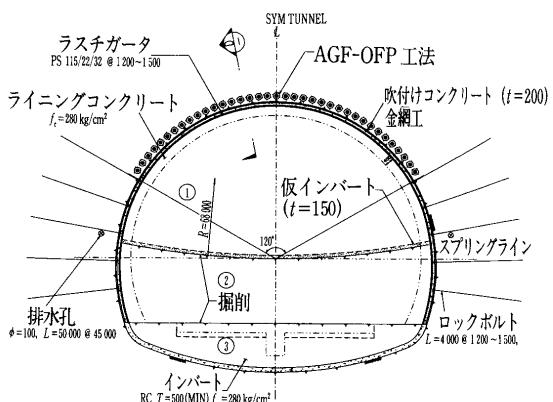


図-7 AGF-OFP 工法 支保パターン例

影響で法面が不安定な挙動を示したため、地盤改良と法面にパターンロックボルトを打設した。当初からリングカットで上半掘進し、補助工法としてAGF-OFP工法($L=12.5\sim21\text{ m}$ @ 0.45 m セメント系注入材)，鏡ボルト(FRP $\phi 25\text{ mm}$ $L=6\text{ m}$ @ 1.5 m)，仮インバートを併用したが、切羽面は非常に不安定であった。礫と粘土層の層境で $1.5\text{ l}/\text{分}$ の滲水が認められ、それがすべり面となり数回のすべりが生じた。すべりは最大で切羽前方 $3\sim4\text{ m}$ まで進行することはあったもののAGF効果により天端崩落はなかった。鏡ボルトは十分な切羽安定は得られないことから補強効果を増大させるため、現地調達が容易で掘削時に簡単に撤去可能なPVC管 $15\sim20\text{ m}$

(4 in) を切羽コア部に4~5本打設してセメントミルク、もしくはウレタン注入を行った。その結果、切羽を確実に安定させることができた。

3.4 桃園トンネル No. 2B

No. 2B トンネルは No. 2A トンネルと No. 3 トンネルの中間に位置する開削トンネルである（図-8）。切土量は約98 000 m³ である。2001年7月に切土を開始した。地質は締まった礫層と砂岩層、そして薄く粘土層が挟在している。地下水位は床付け面より低く、法面は非常に安定している。法面保護はコンクリート梓工と植生の組合せ工である。床付け後にインバートコンクリート打設し、内側、外側の移動式鋼製型枠を組み立て、現在アーチコンクリートを打設中である。アーチコンクリート終了後にその外面に防水工を施し、埋戻し（約32 000 m³）を行う予定である。

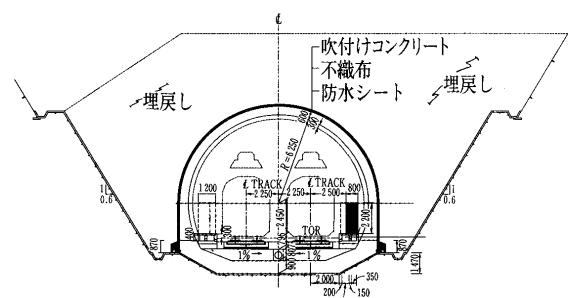


図-8 標準断面図（開削トンネル）

4. おわりに

未固結地山トンネルの施工は事前の地下水位低下とトンネル周辺地山を傷めず掘進することが重要であり、不安定挙動を示す場合は補助工法により確実に安定させることが必要である。本工区は210工区も含め、約52 km の広範囲に現場事務所が点在しているため、オフィスネットワークにより THSRC-JV-CICE 間で設計・施工図書、地質・計測データ等の情報を共有化し、最適な対策工の選定と経済性も含め、迅速かつフレキシブルな設計支保パターンの変更へと反映させている。さらに、国際色豊かな技術者のもとで各国独自のトンネル工法を議論・統合し、実施工にあたっている。No. 2, 2A トンネルも既に着工を始め、順調に進んでいる。本報告を作成するにあたり以下の方々に御協力をいただいた。謝意を表する。

Larry Pringle, Michale Boardman, Edward Yuan
(THSRC C215 土木本部北工区), 福井 亨 (OFJV-C210, C215 総合副所長), 松野 徹 (OFJV-C215 工区設計担当), 浅野篤郎, 矢野勝也 (OFJV-桃園トンネル土木担当), 丸山哲郎 (株大林組海外土木第一部), 天野 悟, 秋好賢治 (株大林組土木技術第二部)

(原稿受理 2002.3.15)