

生産人口減少に対応した持続可能な組織と人材育成

株式会社大林組 特別顧問 金井 誠 氏
(工学博士 技術士)



大阪大学大学院土木修士課程修了後、大林組に入社。
大阪市地下調整池築造工事のほか東京湾横断道路など大型プロジェクトに携わり、土木本部長・専務取締役・代表取締役副社長を歴任。
土木学会をはじめ日本プロジェクト産業協議会・日本ダム・ダム工学会などの理事を歴任。

こんにちは。今日は皆さんの貴重なお時間をいただきまして、本当にありがとうございます。
技術系企業がどん底になった時に、これを立て直すのはいったい何なのでしょう。キーワードは2つ、技術と人です。

しかし、技術は会社にあるわけではなく、人の頭脳の中に在るので、人を通して技術を開発しながら組織を立て直そうということで、これまでやってきた一端をお話しできればと思います。

○建設業就業者の推移

2025年以降の我が国の経済状況をGDPで表わすと、政府は600兆円を目指していますが、保守的には500~550兆円と想定されます。

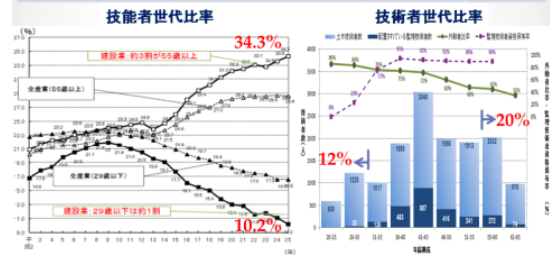
建設業が担う公共事業規模は、現状で対GDP比3.2%程度ですが、持続可能な国造りでは対GDP比3.3±0.2%程度の継続的インフラ投資が不可欠ですが、この内の0.9%が防災に費やされているおり、欧米先進諸国との違いです。インフラ投資総額は16兆円程度で、これは最盛期から40%の減額となっています。10~20年以内には新設工事と維持修繕工事の比は、現在の7対3から3対7に変わります。

近年、建設業では作業員不足と言われますが、技能者は現在340万人程度、最盛期は450万人でしたから、現状は27%の減少です。技術者は現状27万人程度、最盛期は42万人でしたので34%の減少です。需要減少が40%、供給側の技術者減少が34%、技能者減少が27%ですから、マクロ的な需給関係では労務供給不足ということではなく、どちらかという技術者が不足気

味です。

10年後の技術者・技能者の減少率は、夫々

	1997年	2013年	減少人数	減少率
建設業就業者	685万人	499万人	186万人	27%
技術者	41万人	27万人	16万人	34%
技能労働者	455万人	338万人	117万人	26%



8%・24%程度と予想され、技術者は21~22万人、技能者は240~250万人となります。これは最盛期から40%減ですから、需要・供給ともに40%減少となり、需給均衡で従事者不足とならないように見えますが、今度は、その波以外に大きなうねりがやってきます。それは総人口減少の中での生産年齢(15~64歳)人口激減です。2025年で約7,100万人、2040年で約5,800万人と、総人口減少の約2倍の速さで減少します。

我が国の人口推移と将来予測、特に、生産年齢人口予測は？

2010年から30年間で、総人口は16.2%減少、生産年齢人口は29.2%減少



国土社会連携・人口問題研究所
1950年から2010年までの人口推移は、「人口統計資料集2012 年齢別人口(人口増加率1954~2011年)」を基に作成。
2015年から2040年までの人口予測は、「日本の地域別将来推計人口(平成25(2013)年5月現在推計)」を基に作成。

日本は移民政策をとっていないので、かなり正確な予測で、生産年齢減少は近未来の由々しき問題です。

これは全産業が抱える問題で、近い将来、産業間で技術者・技能者の奪い合いが始まることを示唆しており、技術者・技能者の待遇向上を図ってこなかった建設産業は、新規入職者を獲得できないだけでなく、技術者・技能者流出が加速し建設産業内での需給バランスが大きく崩れてしまいます。技術者・技能者を確保できない建設会社は工事を受注しても施工できず、年間 16 兆円以上の底堅いインフラ投資需要にもかかわらず廃業・倒産が現実となります。その状態では 2020 年を越える頃から業界統合・再編の波が拡がり、日建連加盟のゼネコンは現在 138 社ありますが、大手は 2 社、中堅は 25~35 社で充分需要に対応でき、業界は大きく変わると考えております。

○入札契約方式の変化

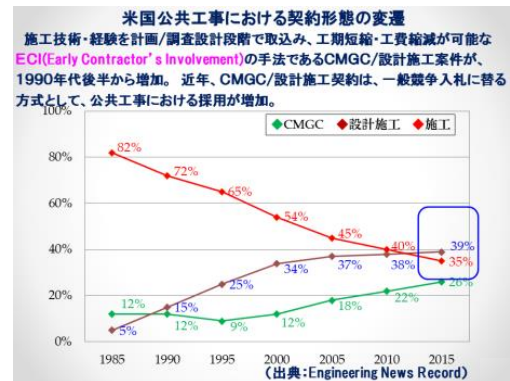
技術者・技能者が激減する状況下で、最低限のインフラ投資額 16 兆円を継続できなければ我が国は衰退します。どうすれば良いのでしょうか。

方法は 1 つしかありません。建設のプロセスを変え、生産性を向上させることです。生産性の向上は、精神論や根性の突貫工事で測ることはできません。生産性の定義は【産出量÷投入量】ですから、投入量を下げることによって生産性を大幅に向上することが出来ます。

それでは、インフラ整備工事において生産性向上に資する入札契約方式とはどのようなものでしょうか。我が国では一般競争入札が当たり前とされていますが、欧米先進国では一般競争入札方式の負の側面、即ち、発注者・受注者が条件変更の際に共にクレーム合戦となることで工事完成が大幅に遅れ、結果として発注者・施工者だけでなく真の発注者である現在と将来の納税者が被害を受ける状況が明らかになり、新しい入札契約方式が策定されています。これはアメリカの例ですが、今イギリスでもフランスでもドイツでも、一般競争入札はどんどん減っています。

アメリカでは、1985 年に 82% あった一般競争入札、われわれはハードビッドと呼んでいます。2015 年では 35% まで低下しています。増えたのは、D&B (設計・施工) と CMGC です。

この 2 つに共通するのは ECI (Early Contractor Involvement) で、調査設計時に施工経験を反映することで、少しでも早く・安くというものです。これが世界の潮流になってきています。



○従来方式に囚われない業務の遣り方

調査設計・施工計画段階で生産性向上を図り、極端な場合、工期半減は技術者・技能者数の倍増と同じ、工費半減は投資額 16 兆円が 32 兆円に倍増することと同じ効果があります。

調査設計段階で留意すべきは、“従来は”とか“前例がない”などの対応で、これが生産性向上阻害の最大要因です。これを避ける方策は、『ヒト』の意識改革しかありません。

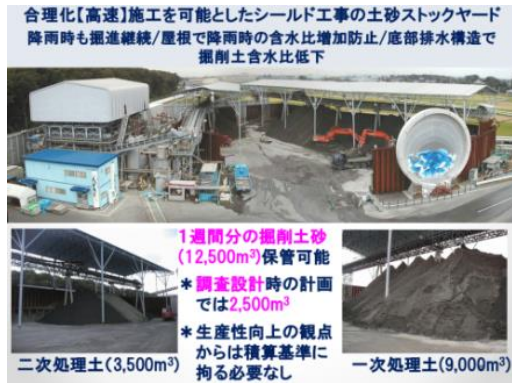
企業の経営資源は『ヒト、モノ、カネ』ですが、最優先すべきは『ヒト』、即ち、『ヒトに付属する経験と技術』です。この『ヒト』に更なる条件を付けるとしたら『考えるヒト』です。考える人間を介し経験と技術が伝承されるシステムが DNA として組織に根付けば、今までと違った方法で、もっと少ない期間、もっと少ない予算でストック効果のあるインフラを造ることが出来ます。

調査設計・施工計画段階で、従来通りが本当に早く・安いのか、“従来”に囚われなければもっと早く・安く達成できるのではと考えることが重要だと思います。

従来方法が最適ならそのままでも構わないと思うのですが、施工条件や技術レベルが変わった時、大抵の場合は、従来が正しいとは限らない。従来方式をコピーすると、その業務部分だけでは生産性は上がりますが、全体としてそうはなりません。全体最適が重要なのです。

○合理化（高速）施工

私が現場技術者として最後に従事した現場、首都圏外郭放水路トンネル工事ですが、発注者の残土ストックヤード計画容量 2,500m³ に対し、私は 12,500m³ に増強しました。降雨時でもトンネルの掘進を止めず、進捗を上げるという考えです。



これは、オランダの泥水シールドによる道路トンネル工事です。外径約 12m のトンネル 2 本を約 3,000m 掘りました。



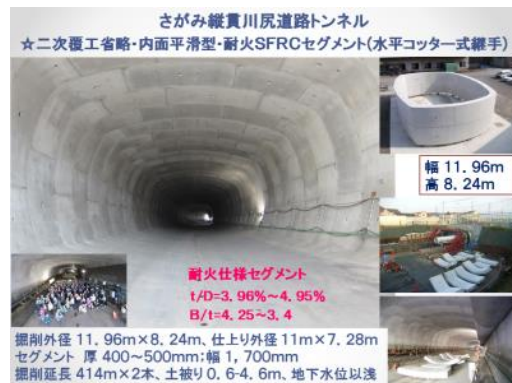
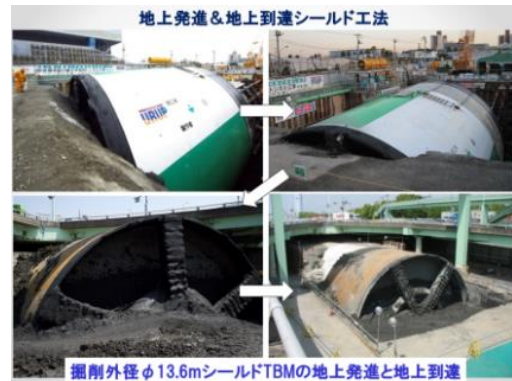
この工事では、セグメント製作・保管ヤードや機械設備維持修理ヤードを現場に確保し、事務所・詰所だけでなく、掘削残土ストックヤードも日本では考えられない規模の計画です。日本での工事用地をどこまで小さくできるかという会計検査的な考え方は正反対の対応で、このような計画を策定すると進捗が格段に向上します。会計検査で要求されるような部分最適ではなく、全体最適を考えることでストック効果を早めに達成することの重要性を実感します。

スペイン・マドリードの M30 高速道路事業で掘削外径 ϕ 15.01m \times 掘削延長 L3,652m の土圧シールドトンネルの施工計画を支援したのですが、前述の計画思想で進捗は最大月進は 942m、平均月進 534m を達成しました。

従来、或いは、実績ある方法は、いつも正し

いのでしょうか。例えば、シールドトンネル工事に立坑は不可欠なのでしょうか。

これは掘削外径 ϕ 13.6m のシールド機を使って、地上発進・地上到達した円形断面の道路トンネルです。次が、同じように地上発進・地上到達した非円形断面の道路トンネルです。



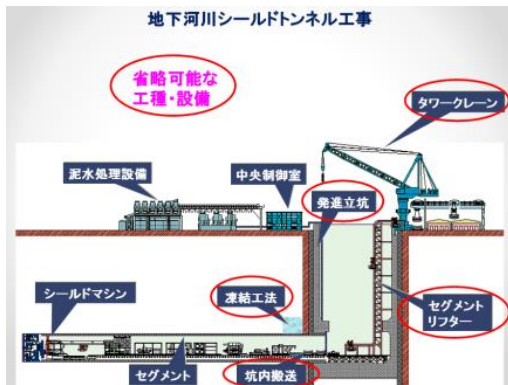
このような新たな知見で既往プロジェクトを見直してみましよう。事業相工期は 14 年、総事業費は 2,310 億円です。



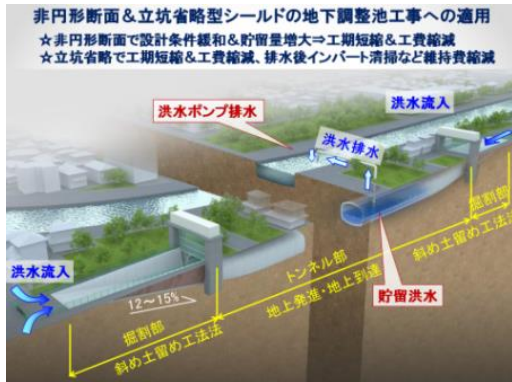
立坑の工期は約 4 年、費用は約 600 億円です。立坑にシールド機発進以外の機能がなければ省略できません。立坑は洪水流入施設を兼ねていますが、洪水流入機能は代替方法でも可能なため立坑省略は可能となります。

立坑を省略できれば、発進・到達時の切羽防

護補助工法としての地盤凍結、深い立坑での揚重・昇降設備、資機材搬送用の軌条設備などが不要となり、総工期も総事業費も約30%の低減が可能となります。



地上発進・地上到達シールド工法で計画すると、街路下調節地・地下河川はこのようなになります。



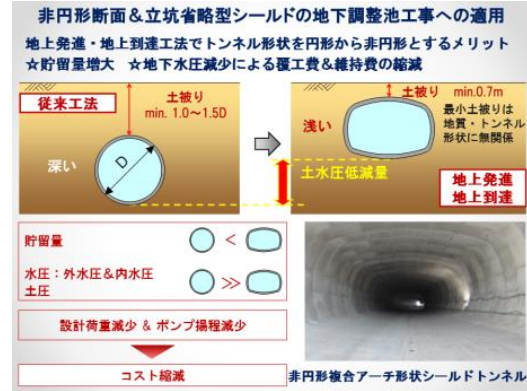
排水後に放水路内に堆積した汚泥清掃費用は年間1~2億円ですが、新工法では斜路部経由で自走進入できるバックホー・ダンプなどの重機で汚泥高速場外搬出が可能で管理費が低減するだけでなく、工事の安全性も向上します。



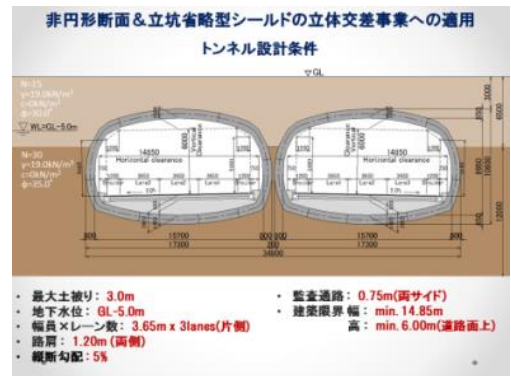
また、本工法は掘削外径や掘削形状に関わらず最少土被りは0.7~1mで安定掘進が可能なた

め、地下埋設物考慮で約3mの土被り条件で設計すれば、設計土水圧低減効果と、非円形状での流量増加・貯水量増加で更なる経済設計が可能です。

このような方法を計画・調査設計時に採用することが重要です。

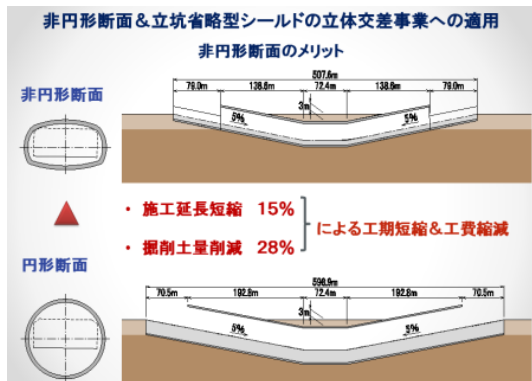


これは、既設 MRT 構造物が支障する立体交差道路の高速施工計画案です。幅員100mの本線道路に直交する支線道路の増加交通量に対し、跨線橋方式では勾配を考えると工事延長が長くなるだけでなく更なる渋滞を引き起こします。開削工法も本線道路覆工で同様に渋滞原因となります。新工法は、本線道路に渋滞を引き起こすことなく、支線道路への渋滞影響を最小限として立体交差化が可能です。



トンネル形状を従来の円形から非円形とすることで、工事延長は15%減、掘削土量は28%減となります。

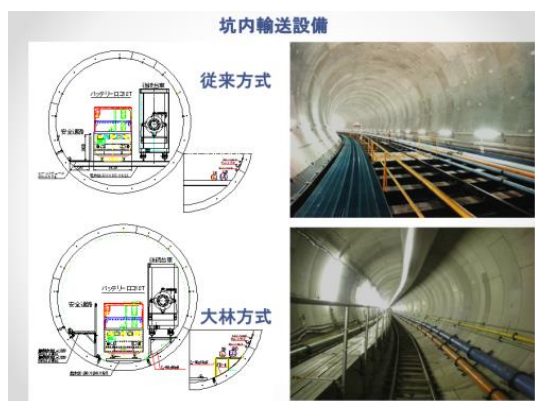
在る国では、このような工事を35カ所も計画しています。1台のマシンで5回程度転用すれば、全体事業を早期に完成できることとなります。



このような工事では ECI として設計・施工契約方式を採用すれば費用対効果が向上します。

○究極の枕木と坑内輸送設備

これはシールドトンネル工事における従来型と新型の坑内搬送計画です。従来方式はトンネル断面内に枕木を設置します。枕木は本当に必要なのでしょうか。坑内搬送の機能を追求すれば枕木である理由はありません。新方式では、枕木を6mの梯子状にして、掘進に併せて敷設します。

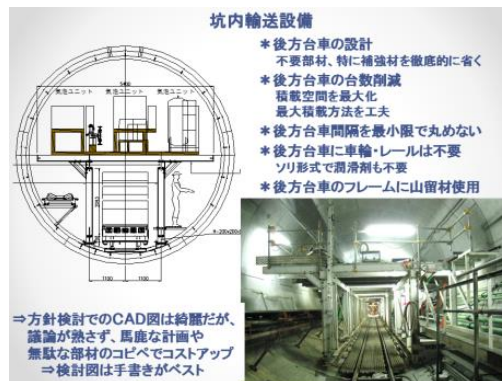


シールドトンネルのセグメント幅は、昭和50年代前半までは0.9mでしたが、進捗率向上を狙って徐々に幅広になり1m~1.2mに、東京湾横断道路では1.5m、最新の首都高横浜環状北線や東京外郭環状道路ではセグメント幅が2mと広幅化が進んでいます。

セグメント広幅化は中小径シールドトンネル

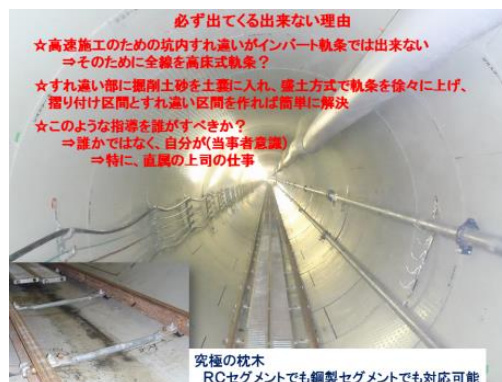
でも進み、軌条用レールも従来での15/22Kから30/37/40/50Kへと重量レールが必要となります。

これは仮設材ですので、掘進完了後は坑内から撤去しなければなりません。現場での搬入・搬出に関わる炭酸ガス排出量や、坑内での設置撤去に要する時間・労務を考えれば、機能を損なうことなく省略できないかというのが、この工夫の発端です。



実際にやってみると、トンネルの上部・側部に大きな空間が確保され、後方台車内における設備搭載計画が変わり、台車台数が減少することで初期掘進長が短縮でき工期短縮に繋がります。しかも、軌道レベル~台車天井までの空間が大きくなるため、通常、例えばセグメント台車1台当たり積載数が2ピースから3~4ピースが可能で、台車数減少はコスト削減となります。

これは、鋼製セグメントとRC製セグメントの両タイプに適用可能な究極の枕木で、開発当初のH型鋼使用の2,500円/本から900円/本と機能を向上しながらコスト縮減を達成できました。3回転用が可能です。

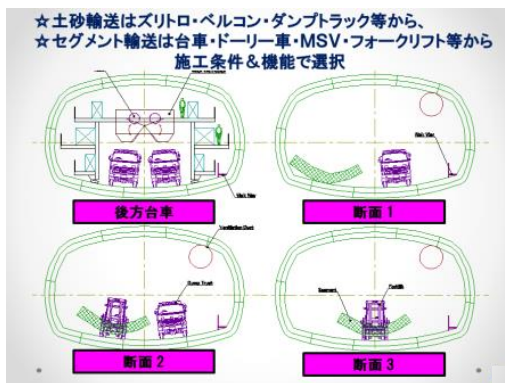
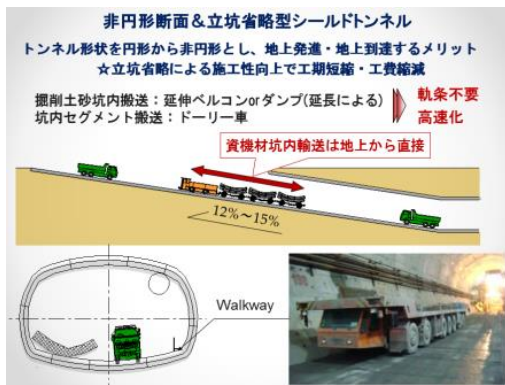


これを当社所長にアドバイスすると必ず出てくる出来ない理由は、長距離の中小口径シールドトンネルでは坑内で台車すれ違いが必要なので適用できないというものです。トンネル内の

すれ違い位置は定位置で計画されるため、トンネル全延長に亘って軌条を高く計画せず、すれ違い部に土のうで斜路・平坦部を造れば問題は解消するのではと助言すると初めてやってみようという気になる。前例がないとか、やったことがないとか、出来ない理由を考えるのではなく、機能・要求性能を追及して仕様を考えることが重要です。

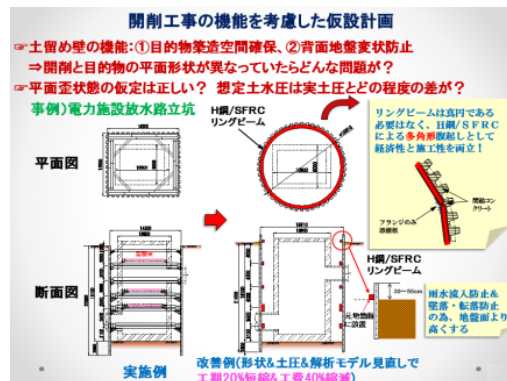
一番の目的である「速い、安い」を誰かがしてくれるのを待っていたら誰もしません。経験ある上司が部下に助言しながら考えさせ、勇気を持ちチャレンジさせれば、技術開発の面白さと効果が若い技術者に根付いてきます。工夫はこれで完了ではありません。軌条以外の坑内搬送方法はないかという、実はあります。特殊な車両を使えば、セグメントはタイヤ方式で搬送可能です。また、掘削土砂は坑内をダンプで搬出することも可能です。トンネル延長が短会場合は、セグメントをフォークリフトで運んでも構わないのです。

土圧シールドでは、ダンプによる坑内外の掘削土砂搬送方法も可能です。前例がないからと尻込みせず、やってみることが大事です。



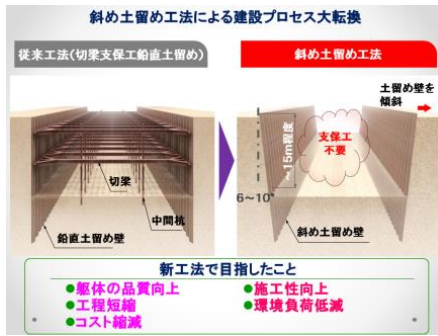
○機能を考慮した仮設計画

山留め計画事例ですが、当社現場を見て驚いたのですが、平面形状 12.5m×14.3m・深さ 18.1m の電力ケーブル敷設用の立坑で、腹起し・切梁共に H 500 ダブルで、しかも、構築後に盛替梁も設置して、一体どんな設計をしたのかと聞くと、平面歪状態で解析している。この程度の規模なら掘削土量が少々増えても円形立坑で計画したらどうかと試算すると、工期 20%・工費は 40%減になります。



また、よくある事例ですが、施工を考えず山留め頂部高さを地表面に合わせる。豪雨が予想されると現場では山留め内への雨水流入対策として事前に土のうで高さ 50cm 程度の堰を造らなければなりません。それなら、山留め頂部を地表上に高止まりにしておけば、豪雨時に慌てる必要ないだけでなく、飛来・落下事故も防止でき、高止り山留材に単管パイプを付ければ墜落・転落防止にもなります。しかも、高止まり山留材に地表面で 1 段切梁を設置すると、山留材を打設しながら支保工設置が可能で、背面地盤変状抑制にも効果的です。

山留め材を打設しながら、同時にリングビームを設置すれば、1 段切梁架設は終了ですが、『リングビーム』という言葉に起因する不具合は、CAD では円・曲線を容易に描けるため、真円ビームを計画してしまうことで、一旦描くと、今度は真円ビームの製作期間・コストが増大し、工程上のクリティカルとなります。そうせず、直線状の短い山留め材を多角形に設置して、山留め材との間隙をコンクリートで充填すれば、あとは山留め材がせん断でずれないように鋼板で固定すれば、全体としてコンプレッションビームになる。このような現実的な工夫を現場で進めないと、「速い、安い」は達成できません。



この考えを更に進めると、山留めは垂直であるべきかとの疑問が出てきます。垂直では腹起し・切梁に加え、幅広では中間杭が必要となりますが、山留め壁を10度傾斜させることで腹起し・切梁・中間杭の省略が達成された事例です。傾度が高い掘削深度15mを開発目標深度としました。

2.5mまでは、鉄板5×10を斜めに貫入します。



掘削深度5mまでは、セメント改良地盤による地盤山留壁と、鋼材山留壁の2種類の方法があります。これは厚1m・長さ6~8mの改良地盤山留壁での掘削状況です。

掘削深度5m迄:セメント改良地盤(B1m、D6~8m)
親杭横矢板(5×20鉄板)



掘削深度5m迄:セメント改良地盤(B1m、D6~8m)
親杭横矢板(5×20鉄板)



親杭横矢板山留壁と横矢板鉄板(5×20)による斜め土留壁での掘削完了時の状況です。

掘削深度5m迄:セメント改良地盤(B1m、D6~8m)
親杭横矢板(5×20鉄板)



油圧バイブロで親杭打設と横矢板鉄板貫入を同時に実施し、掘削敷内斜路造成でダンプとバックホーを入れ、高速掘削を実現しました。

これは、鋼矢板を10度傾け、吹上げ浚渫地盤で深度9.6mまで掘削した事例です。

掘削深度10m迄:鋼矢板・親杭横矢板



同じ地盤で従来設計法・垂直山留壁で計画すると切梁2段となります。

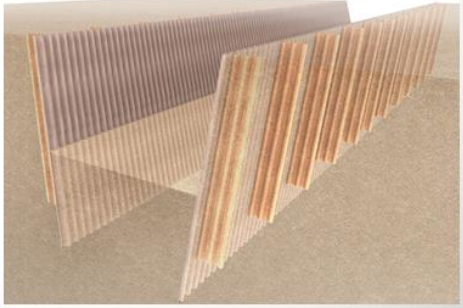
これは成田砂層地盤での親杭横矢板山留壁による開削事例です。山留壁傾斜角10度、掘削深さ10mで腹起し・切梁は芙蓉です。

掘削深度10m迄:鋼矢板・親杭横矢板



掘削深度15mでは、山留壁の補強が必要となります。鋼矢板背面側に補強矢板を直角に打設し、剛性を上めます。

掘削深度15m迄:控え鋼矢板



これは、海に面した LNG 火力発電所放水路における斜め土留めです。海との境界部は鋼管矢板二重締切ですが、それ以外は鋼矢板斜め土留です。非常に柔らかい地盤ですが、掘削深度14.5m まで腹起し・切梁なしで掘削可能です。

掘削深度15m迄:控え鋼矢板



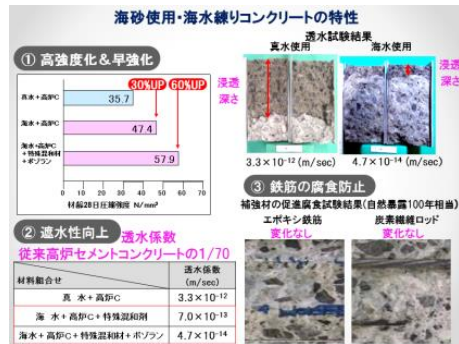
○海砂使用・海水練りコンクリート

コンクリート製造に海砂・海水の使用はタブーでした。これは山陽新幹線の RC 構造物が海砂とアルカリ骨材反応で深刻な劣化を引き起こしたことに起因しています。

本技術開発の原点は、放射性廃棄物貯蔵に最適な岩塩地盤が日本には存在しないことから、人工岩塩地盤材料の製造でした。最も近い国での貯蔵オプションは中国ですが、お金を払い、頭を下げ引き取ってもらうのは日本民族として情けないということで人工岩塩を造ろうと決意しました。岩塩強度はコンクリート並みで透水係数は普通ポルトランドセメントコンクリートの 1/100 です。それなら海砂・海水使用のコンクリートはどうなるのだろうと思ったのがアイディアの原点です。開発中にコスト削減を狙って普通ポルトランドセメントに替え高炉セメントを使用したことが早強・高強度・難透水性という『まぐれ』ともいえる発明に繋がり、『第17回国土技術開発賞最優秀賞』と『第6回ものづくり日本大賞内閣総理大臣賞』を頂きました。

本技術は人工岩塩以外の種々の分野での適用可能な特徴を有することが分かりました。まず、高炉セメント使用にかかわらず早強です。これは、海水内塩素イオンが有する水溶反応触媒効果で硬化が促進されるからです。モンゴルやロシアでは、コンクリート打設後の早期硬化を図り養生水に塩を撒くそうです。そうすると、早く固まる。変な話ですが、砂糖を混ぜると硬化しません。

また、普通ポルトランドセメントコンクリートに比べ強度 60%アップとなり、強度向上は緻密化に繋がり透水係数低減に寄与します。高炉セメントに対して 1/70 に、普通ポルトランドセメントに対しては 1/350 の透水係数となり、人工岩塩実現です。但し、コンクリート補強材に通常の鉄筋は使えず、エポキシ鉄筋・ステンレス鉄筋・炭素繊維・アラミド繊維を使用しなければなりません。



現時点でステンレス鉄筋は高価ですが、メーカーによれば使用量増加でステンレス鉄筋価格を一般鉄筋程度まで低下可能ということです。私が考える本技術の将来展開は、炭素・アラミド繊維のコンクリート補強材への使用です。同じ要求強度条件下では、補強鉄筋 2t に対し有機繊維 30kg で充分で、老若男女を問わず現場の補強筋組立が容易で生産性が向上します。かぶりの制限も緩和されます。また、有機繊維は京都の組紐技術で付着性能を向上させればと思っています。

海砂使用・海水練りコンクリートの適用

精造型コンクリートへの適用は？

- ⇒鉄筋は使用できない
- ⇒現状では、ステンレス鉄筋とエポキシ被覆鉄筋の使用は可能
- ⇒将来は、炭素繊維ロッドの使用が期待される
- ⇒同じ強度要求なら、補強鉄筋2tに対して炭素繊維補強は30kgと補強材の加工・組立に関わる生産性は大幅に向上
- ⇒有機繊維を混入すれば配力筋は不要
- ⇒補強材として炭素繊維ロッドを使用する場合の留意点
- ⇒靱性と付着性が不足
- ⇒組紐技術で炭素繊維ロッドを製作

重量型コンクリートへ(海岸・港湾構造物、砂防ダム)の適用は？

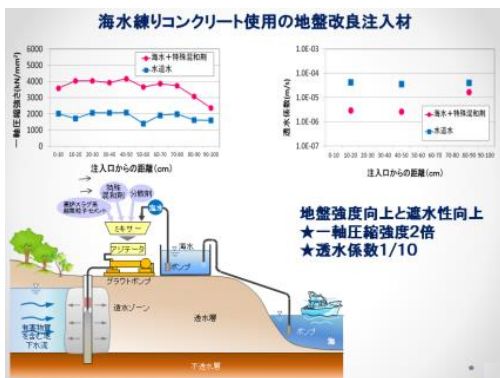
- ⇒全く問題なく、いつでも適用可能
- ⇒有機ファイバー(PP, PE)混入で、更に品質向上(クラック分散、剥落防止)

強度増加と透水係数低減は、海水中の微量硫酸イオンと高炉スラグの反応で生成されるエトリンガイト結晶がコンクリート間隙を埋めることで実現されます。エトリンガイト結晶の膨張性はコンクリートによくないとされますが、海水中の微量硫酸イオンはコンクリートに悪影響を与えない適度な量のエトリンガイトを生成します。

海から遠い地域での無筋コンクリート製造は、塩素・硫酸イオン濃度調整の混練水で砂防ダムなど重力型コンクリート構造への適用は可能です。港湾・海洋構造物への適用では現地の海砂・海水を使用します。いずれの適用でも工期短縮・工費削減が可能で、東北地整の津波瓦礫と海水を使い製造したテトラポッド・根固めブロックのコスト削減効果は35%でした。



懸濁型注入材料に高炉セメント・海水を使うと、強度は2倍、透水係数は1/10になります。



日本での鉄筋コンクリートの間違いの一つは、『RC』を『鉄筋コンクリート』と訳したことだと私は思います。『Reinforced Concrete』に『鉄筋』という意味はありません。要求性能を満足すれば補強材として竹でも藁でも構いません。補強コンクリートなら炭素・アラミド繊維を使い、もっと経済的・合理的に構造物を築造でき

るのではないのでしょうか。

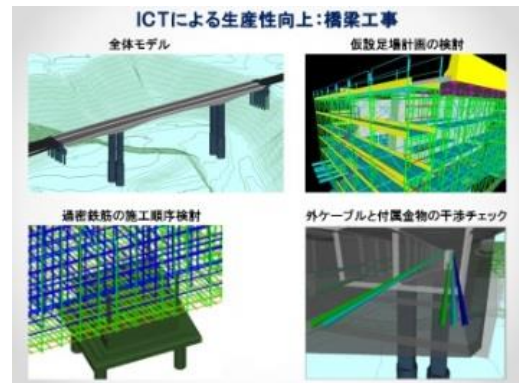
ICTによる生産性向上

生産性向上の切り札と昨今もてはやされるICT (Information & Communication Technology)、代表事例がCIMを使うものです。私は6~7年前から導入し、現在は約40%の土木現場でこれを使っています。

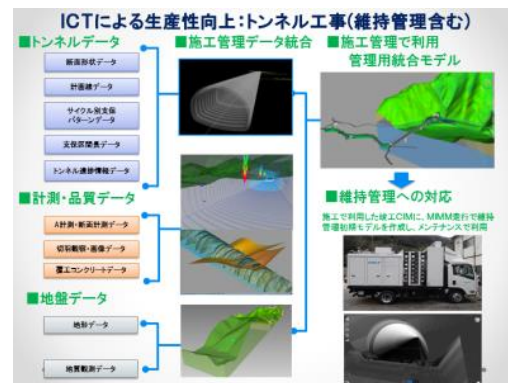
データを、2次元(x,y)から3次元(x,y,z)へ、時間を入れた4次元(x,y,z,t)では工程が反映され、入金・出金キャッシュフロー把握で5次元、維持・保守まで拡張すれば6次元となります。

私は、ICTは極めて優れたツールだと思います。エンジニア本来業務の『データ分析』~『思考』~『判断・決断』を支援できるツールです。

色々な適用事例の内、最も分かり易い事例です。



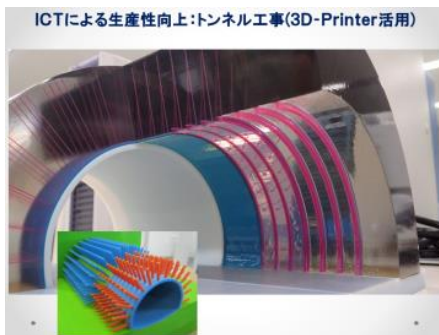
鉄筋は組めるか、足場の干渉は、外ケーブルの干渉は、などが模型を作成せず可能となります。Digital Mock-up 効果を実感できます。



これはトンネル工事適用事例で、設計データ、計測データ、品質データ、地盤データを統合し、工事完了時にクラックなど初期データを取込み、維持管理データを反映すれば六次元として安全・安心のインフラ整備への寄与は大となる。



5年毎の供用中点検で変状を発見したら、覆工はどんな品質のコンクリートをどんな天候時に打設したのか、そこに問題がなければ背面の防水シートは、更に背面の地盤はどうだったのかといったことまで遡り、品質の担保・トレーサビリティが大幅に改善し、当該覆工の健全性可視化が可能であるだけでなく、次の設計に活かすことで良質なインフラ整備に貢献すると思います。



これは、3Dプリンターで作成したトンネル坑口付近でのロックボルトと鉄塔の3次元モデルで、ロックボルト安全打設に活かした事例です。従来の2次元図面では分かり難い状況が可視化されることで、技術者・技能者共に直感的に状況を把握できることが利点です。

街造り事業でICTを住民説明会での説明に使用すると、技術者でも困難な2次元図面からの経時的・立体的な状況把握を地元住民が直感的に把握可能となり、迅速な事業遂行に繋がります。



ICTの良さの一つに点群モデル(ポイントクラウド)があります。これは、頻りに地滑りが起こる斜面を写真撮影し、表面全体を点群としてx・y・z座標に変換して認識し、定期的に撮影することで、変位量(ひずみ)と変位速度(ひずみ速度)を把握するものです。斜面地盤の力学的特性を事前に調査しておけば、変形と変形速度の許容値が分かり、危険度を変形量と変形速度で色分けすることで、例えば、赤色部には法尻に抑え盛土か抑止杭打設、法肩にブルーシート敷設するなど迅速な対応が可能となります。予め危険箇所が分かっていたら計器を事前設置すればいいのですが、分からない場合には点群モデルは非常に有効となります。



点群モデルを出来形確認に適用すると出来形・出来高の迅速な把握が可能で、労務費や人件費の削減に加え、単価・総価契約の出来高部分払いが定着すれば、支払い・取下げが毎月可能で、施工者のキャッシュフロー改善に寄与します。



海外工事では請求・取下げを毎月実施しており、受注者はキャッシュフロー状況の把握が容易で、早期に現場の財務上の課題を認識し現場経営に反映できます。



これは、複雑な3次元切土工事にICTを適用した事例です。3次元CADデータをバックホーに送り、バックホーはGPSで自分の位置を把握することで掘削先端位置座標を認識し、オペレーターは運転席のモニター画面を見ながら設計通りに掘削でき、同時に事務所で出来形・出来高を認識しています。

更なる効果は、重機による高度・複雑な作業を熟練オペレーターでなくともできることで、担い手不足の解決策となり、経験少ない22~23歳のオペレーターでもゲーム感覚で非常にきれいな法面形成ができます。このマシンガイダンスでは、オペレーターが操作を間違えても、マシン停止で出来形を間違えないところまで完成していて、完全自動化も可能です。

これは、有料道路の豪雨で崩れた箇所探索と復旧計画をICT適用で高速化した事例です。まず、飛行機を飛ばし被災箇所を確認後、次にヘリコプターを飛ばして、流出土量・範囲など災害規模をGPSと写真データで特定し迅速な修復計画で3~4カ月短縮できました。こういった災害復旧工事にも使えます。



○ツールは手段で目的ではない

ICTは優れたツールですが、若手とシニアの技術者で留意すべきことが二つあります。

未経験な若手は、検討内容不足でも図面作成で達成感を感じ、業務完了と錯覚しがちです。よく議論せず計画策定されると悪い計画になり、後で気付いても、体力的な疲労で修正もしたくない。

シニアは、自分では作成できない美しい図面を見て感嘆し、関係者全員で練った計画だと錯覚し、チェックすらしない。

CADは複雑な曲線や曲面を簡単に作成できるため、現場経験のない図面化は却って現場生産性を低下させる計画となる。若手は、現場で見たり聞いたりの実感なく、達成感・充実感・満足感を得るだけに、気を付けないといけません。

更に、シニアからは、『手造り感が失われる』といったコメントがよく出てきます。重要なことは手造り感といった情緒的なものではなく、求められた品質を確保しつつ『早く、安く』を追及することです。リーダーであるシニア世代の思考マインドが変らなければ、ICTツールの便利さに気付かず、ICTへの投資も消極的で、結果として若手技術者は心身ともに疲弊し、モラル低下・生産性低下となります。また、ICT使用でデータの収集・加工・ファイリングは容易で迅速ですが、疲弊した若手はデータのファイリングを業務と考え、技術者の本来業務であるデータの分析・事象推察と判断が出来なくなります。

若手技術者もシニア技術者もICTをツールとして使いこなせば担い手不足時代でも建設産業は持続可能となります。

○考える土木技術者育成

国交省は、i-Constructionで測量・施工・検査の生産性向上を図ることとしており、建設産業でICT利用機運を促進するためには重要な施策です。しかし、I-Constructionの効果発揮は、計画・調査設計・施工計画段階で機能・要求性能を追及し、土質力学・構造力学・流体力学・水理学・地盤工学などの基本に戻り荷重系・構造系を見直すことです。

最近、設計段階での民活用事例が増えていますが、私は『民は基本的に設計できない』と考えています。何故なら、民の技術者は、契約書に示された構造物を仕様書通りに造ることはできて、その仕様の背景・意味を考えないからです。インフラ構造物の維持・修繕経験なくし

て、インフラ構造物に対する設計思想・哲学確立は勿論のこと、理解することもできません。

私は、現場の工務経験が多く、設計計算・構造計算は得意でした。東京湾横断道路(株)への出向でシールドトンネル設計担当となって2ヶ月で私は設計ができないことを悟りました。設計者として、このトンネルはどう在るべきか、このトンネルを100年以上供用可能とするためにはどんな仕様にすべきか、レベルII地震後の性能はどう在るべきかなど、全く考えられない。計算や解析が得意でも意味がない。4年間の出向期間中は、発注者側からの出向技術者・上流側技術者と設計思想・哲学をとことん議論しながら吸収しました。施工側技術者として大きく変わった節目でした。私は、設計の85~90%は設計思想・哲学の確立で、残りが設計計算だと考えています。

インフラ構造物を維持・修繕した苦勞・経験があるからこそ、発注者側技術者には在るべきインフラ構造物をイメージすることが出来るのです。

民の活用では、在るべきインフラ構造物の設計思想・哲学を、維持・修繕経験ある発注側技術者と施工経験ある請負側技術者が、密室ではなく、公平性・透明性を担保しながら大っぴらに堂々と議論すべきです。これが ECI(Early Contractor Involvement)の基本です。

我々も施工と設計思想・哲学が分る人財を育成するために、35~40歳台の技術者を毎年2人ずつ英国の ARUP、ATKINS、Mot Macdonald、豪州の Aurecon などに企業留学させています。それでも、将来 Design Manager になれるのは30%程度です。施工しか知らない技術者が設計思想・哲学を習得することは簡単ではないのです。

○建設現場の生産性向上

生産性向上では、実現可能性の観点から“5%”程度の目標設定とすることが多いのですが、この程度の目標設定では、現場所長は下請・メーカーを締付けるだけで、誰もハッピーになりません。

生産性の定義は、『産出量÷投入量』、建設現場では『出来高(円)÷延労働時間(就業人数×労働時間)』です。故に、生産性向上は根性の突貫工事で出来高をあげるのではなく、調査設計・施工計画時に従来方法の遣り方・プロセスを大

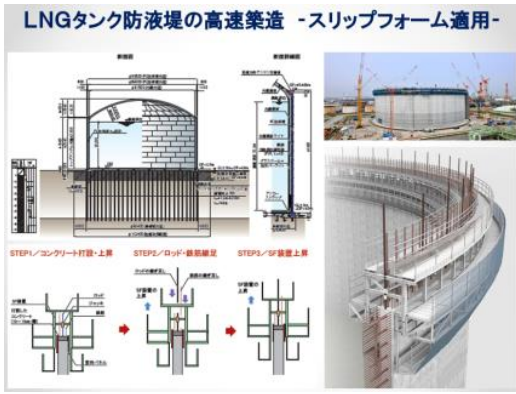
幅に見直し、延労働時間を減少させる方が効果大となります。

定義に従えば、生産性50%向上は延べ労働時間34%削減で達成されます。重要なことは、生産性向上での増加利益をパートナーの下請・メーカーに分配し、延労働時間削減のアイデア・提案を出す“やる気”醸成を図ることです。施工数量縮減と工期短縮は事業の費用対効果を上昇させるだけでなく、労災事故件数減少に直結します。

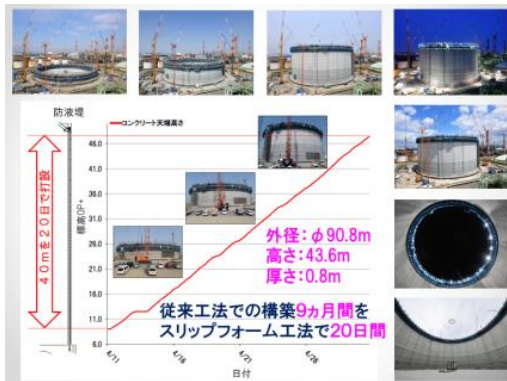


簡単な事例ですが、ソーラーパネルはこれまで5部品(ボルト1、ワッシャー2、ばねワッシャー1、ナット1)で構成されるボルトで固定されていました。一方、各部品の機能を損なわず2部品とする検討・試作をメーカーと協同実施したところ可能となりました。

固定ボルトは、パネル一枚当たり4個、パネルは発電1MW当り6,500枚ですので総ボルト数は26,000個です。ボルト部品が詰所に搬入され現地で固定作業を終えるまでの時間差を、5部品と2部品で計測したところ、60~90秒でした。平均75秒とすると労務費差は約180万円で、1MW発電所の整地・架台設置・パネル設置・結線のコストは約4,500万円ですので、この工夫で利益率が4%増加するわけです。当該ボルト価格は25円程度ですが、同じ形状・大量・繰返し作業というキーワードで纏められる場合には、このような工夫が生産性向上に効果的となります。工種総価格が、機能追求で時間的効果を算入し、一体幾らになるのかと考えることが重要です。



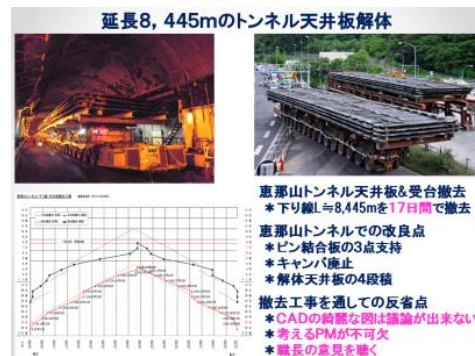
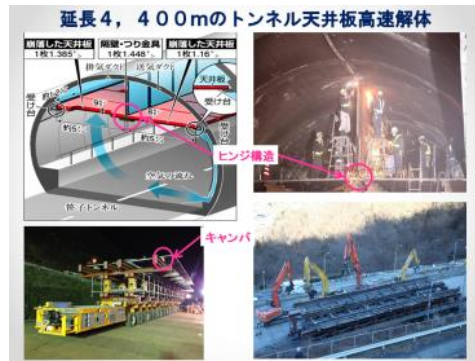
次に、LNG タンクの高速施工による生産性向上事例です。LNG タンク容量 23～24 万 KL の工期ですが、投資決定後の流れは、設計に約 1 年、施工では地盤改良～支持杭打設～底盤打設～防液壁構築～タンク本体で約 4 年かかります。タンク建設という投資判断後から収入実現まで約 5 年を要します。現在の経済情勢不透明な状況下で投資判断後 5 年先でない収入がないのは問題と考え、施工の 4 年を 2.5 年に短縮するという目標を設定しました。工夫の対象は、厚 80cm×高さ約 40m×直径約 80m の防液壁施工です。スランプゼロコンクリートをスリップフォーム使用で、配筋とシース設置を行いながら、昼夜で連続打設しました。従来なら 9 カ月を要する作業を 2 週間で完了し、2.5 年への工程短縮を実現しました。



現在、タンク施工期間を 2 年以内に短縮すべく、設計・施工計画段階での機能追求と更なる工夫・技術開発を実施しています。投資判断後の収入タイミング 2.5～3 年短縮は、内部収益率の大きな改善となります。

工期短縮は、民間の投資財務判断(内部収益率)だけではなく、官の投資経済判断(B/C；費用対効果)でも同様です。収入、或いは、便益の実現ポイントを前倒しにすればするほど投資効果

が高くなります。これが、『安く・早く』ではなく『早く・安く』の理由です。



笹子トンネルの天井板解体では超高速施工を図り、トンネル延長 4,500m の天井板を自走多軸台車を使い、14 日間で解体しました。

笹子トンネルは、計画も 2 日間と極めて短かく、解体天井板の台車上での支持方法とか積載段数など、検討が未熟な点が多々ありました。

次の、恵那山トンネル天井板解体ではトンネル延長 8,445m の天井板を積載方法などを工夫して 17 日間で解体しました。

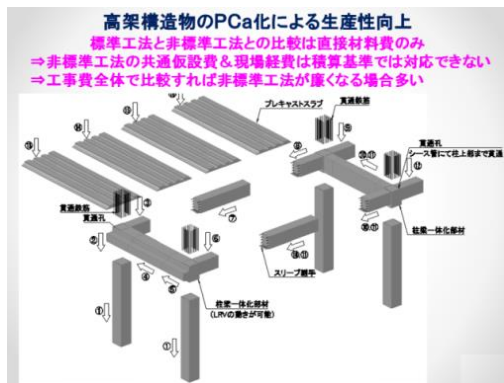


前述 2 事例は、24 時間通行止め条件でしたが、月山トンネル 2,662m の天井板解体は夜間のみの施工条件だったので、高速化を追及して解体後の天井板をトレーラー上に設置した油圧駆動架台で支持しました。また、トレーラーは並列

2台を坑内進入・坑外脱出ともに前進のみとすることで更なる高速化を図り、進捗率は50%向上、夜間通行止を当初計画から10日間短縮しました。

遣り方・プロセスを工夫して施工速度を上げて通行止めを短縮する。これがインフラ整備に共通する基本的な取組方だと思います。議論の無いCAD図面ではなく、元請の土木・機電技術者と下請技術者・職長と一緒に手書きのポンチ絵で検討すると議論百出で優れた計画が策定され、最終図面のみCAD化しました。

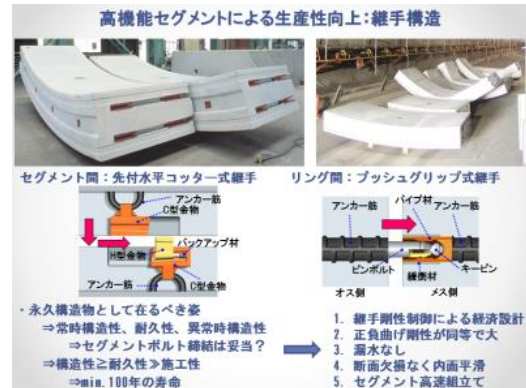
プレキャスト施工法は高いとされていますが、これは誤解です。土木工事標準積算基準では、標準工法での歩掛りで全体工事費(直接工事費・共通仮設費・現場経費・一般管理費)は誰が積算しても同じです。プレキャスト施工法では歩掛りがないため全体工事費を積算できず、直接工事費だけで比べてしまうため高くなり採用されません。施工高速化で短縮された時間効果を積算すると、多くの事例でプレキャスト施工法が工期短縮・工費縮減となります。私が日建連積算委員長時代にプレキャスト施工法で積算すると殆どの事例でプレキャスト施工法が廉くなります。国交省も担い手不足に対応すべく、生産性向上の観点からプレキャスト施工法の積極的採用を図っており、一例が高架工事への適用です。



このような事例で歩掛りを取っておけば標準的な積算が可能で、プレキャストメーカーも対応し易く、これからの主流になると思います。

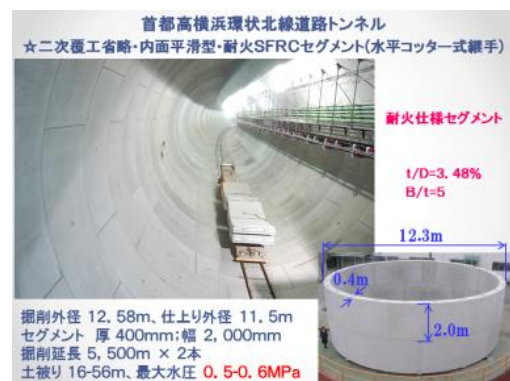
私はアクアライントンネル設計経験を通じて、シールドトンネル用RCセグメントをボルト締結することは、構造的・止水性・耐久性・施工性に課題を残していると思い、首都圏外郭放水路ではピース間に嵌合式(水平コッター)継手、リング間にピン挿入式(プッシュグリップ)継手を

を提案し、採用されました。前述の課題を一挙に解決できる継手で、シールドジャッキ押付けのみリング間・ピース間が同時組立可能なワンパスタイプです。セグメントの大きさに関わらず、1ピースの組立は3~3.5分で、生産性が格段に向上します。

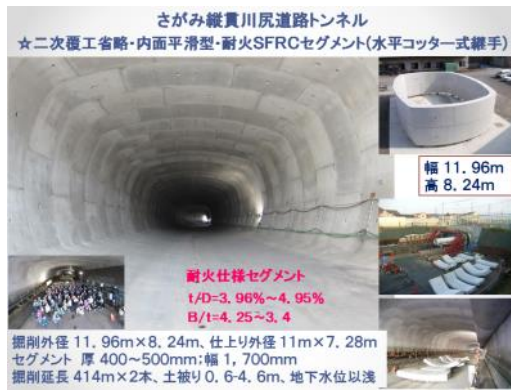


更に、軸方向コッター継手は内・外曲げ剛性が同等で高いため継手・本体共に複鉄筋構造となり、ボルト締結に対し厚みを25~30%薄くできます。二次覆工に不可欠な機能は浮力対策重量付加と火災対策ですが、浮力対策は十分な土被り確保で、火災対策は耐火セグメント使用で充分です。二次覆工省略で外径60~70cmを減少でき、合計でトンネル外径を約1m縮小できます。φ10m以上のシールドトンネルでのコスト削減は1.5%/直径10cmですので全体工事費を15%削減できます。

これを適用した首都高横浜環状北線では、セグメント外径はφ12.58m、厚は40cm、幅は2mです。



さがみ縦貫道道路トンネルでは、扁平形状セグメントで掘削土量削減を、耐火セグメント使用で二次覆工省略を図り、「早く・安く」を実現しました。また、地上発進・地上到達で小土被り(0.6~4.6m)下での掘進を実施しました。



セグメント組立用エレクターロボットも、従来のボルト締結継手を使用したアクアライントンネルとワンパス継手を使用したさがみ縦貫道トンネルでは、締結機構が簡単で組立速度も速く、製作コスト縮減が可能となります。



機能と要求性能を明確にして「早く・安く」を追求すれば、直接工事費に加え、時間で変動する共通仮設費・現場経費・一般管理費が削減され、新たな利益創出となります。これを下請に分配し建設技能者年収を現状平均 415 万円からメーカー技能者に優るとも劣らない 470 万円程度まで引き上げることが近未来に確実な担い手不足対策の重要な施策の一つです。しかも「早く・安く」の“早く”は“働き方改革”の最優先事項でもある休日確保を可能とするため、建設業界への人財流入が促進され持続可能な産業に変わることが期待できます。

○企業の経営資源は「ヒト・モノ・カネ」

技術者が『心』と『時間』に余裕を持ち考える業務環境をどう創るかは、経営層の責任だと私は思います。企業は「ヒト・モノ・カネ」と言われますが、「ヒト」は人財で人材(コスト)ではありません。

企業の管理対象となるのは人財ですが、その内容には、①絶対に必要な管理、②してもなくてもいい管理、③してはいけない管理、の 3 種類があります。殆どの組織で、しなくてもよいとか、すべきでない管理が増えています。一つには、業務が極めて楽だからです。“前例がない”とか、“内規にない”などの対応で業務ははかどりますが、これは担当者業務の部分最適で組織の全体最適ではなく、組織はいずれ衰退します。

二つ目は、そのように権威主義的な対応をすることで管理部門の存在感が増すからです。部署は手段であり、存在感を増すことは目的ではないのです。しかし、楽な業務で存在感を出そうとするため、不要な管理をしてしまう。この状況を変えなければ個々の会社でなく国の存続が危うくなります。

吉田松陰は、「夢なき者に理想なし。理想なき者に計画なし。計画なき者に実施なし。実施なき者に成功なし。ゆえに、夢なき者に成功なし」と説いています。“夢”の創造は経営者の仕事で、企画・営業・工事・管理のそれぞれの部門が理想～実施に亘り、部門本来の目的業務(ミッション)を追求すれば将来展望が拓けます。

インフラ整備の中核的存在である建設産業は遣り甲斐が得られる産業だと思います。経済対策としてのフロー効果だけではなく、ストック効果としての便益向上で真の発注者(現在と未来の納税者)から評価されるという喜びがあるからです。

一方で、担い手である技術者・技能者には評価向上に対して言葉だけの感謝に加え、便益還元の一部として年収増加を図らないと人財確保は困難となります。

また、無駄な業務から職員を解放する。例えば、資料作成では、“何に使う”、“誰に説明”、“何時までに”、“どんな内容”との指示は最低限で、次に不可欠な指示は、どんな形で報告させるか。口頭でいいのなら“口頭で回答”、メモが欲しい場合は“手書きメモで回答”、記録が欲しい場合は“手書きメモの PDF 化”、綺麗な書類が必要な場合のみ“デジタルデータ化”で充分です。現状はそうではなく、“考える”ことなくコンピューター向かい綺麗が目的の書類をひたすら作成する。時間と人生のこれほどの無駄はありません。しかし、時間と人生を無駄にした美しい書類には、“十分な検討を尽くした書類”

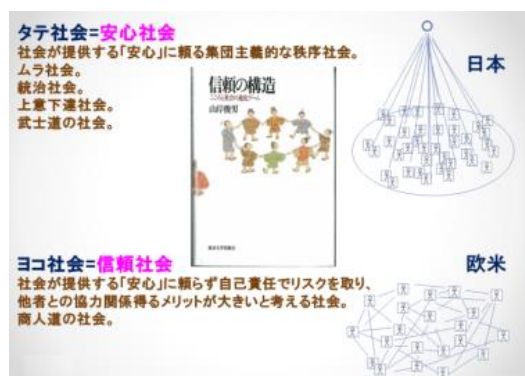
と錯覚させる魔力があります。だからこそ、手描きの図で議論を進めていくことが大事だと思います。

企画部門の問題も同じで、戦略に徹すべき企画部門が単なる管理部門となり、例えば、技術開発と業務改善を勘違いしているケースがあります。業務改善も必要ですが、ゼネコンが持続可能であるための原点は技術開発のため、長い年月をかけ100個で2~3個しか成功しないテーマでも業界他社と差別化可能と判断すれば選定してトライすべきです。技術企画部門が、3月末にテーマ選定、9月に中間評価、翌年3月で最終評価するような計画とすると、技術開発部門の研究者・技術者は1年で結果の出るテーマしか提案せず、技術開発が単なる業務改善になってしまいます。サラリーマンなら当たり前です。

そこで、当社では技術開発予算の10%程度はテーマを決めず確保し、ニーズ・将来性ともに高いテーマが提案されたら時期に関わらず取組めるシステムとしています。地上発進・地上到達シールド、海水練コンクリート、斜め土留めのような面白い技術はこのシステムで開発されました。技術開発で管理要素を強くすると単なる業務改善になります。業務改善もそれなりに重要だと思いますが、そればかりだと技術開発とは言えないと思います。

○縦社会と横社会

日本で生産性向上が低い理由に、日本の縦社会に起因する問題があります。詳しくは『信頼の構造；山岸俊男著』を参照して下さい。



縦社会では強いトップの下に個々がラインとして直列的にぶら下がり、しかもライン間で連携がない。一方、横社会では個々が横断的・有機的に緩い連携を取りながら繋がっている。

山岸氏が行った社会実験では、横社会で個々の人間同士の信頼が強くなるということです。それは、欧米では厳しい議論でやり合いますが、必ず譲歩で解決策を見出し、握手して問題を解決します。自分は譲歩したが相手も譲歩したことを互いに理解しており、最後は握手で合意し信頼が始まります。日本では議論が喧嘩になりこうなりません。

それでは日本も今すぐ欧米型横社会に変えるかとしても、そうはいきません。日本の安心社会にもそれなりのいいところはあるのです。大事なことは、日本の安心社会の良さを保ちながら欧米信頼社会の良さを取り入れることで、①議論することと、②失敗を許す社会、とすることです。

日本の ETC 機器は、残念ながら世界では1台も売れません。日本製システムはずば抜けて高いのです。何故なら、実質的にエラーを許さず、精度は99.99%です。海外 ETC では95%です。理性的な国民は、世の中に100%はないことを理解し、機械にエラーは当たり前だとしてエラーを許容します。しかし、日本では許されない。誰に問題があるのかは自明です。日本国民の特性に問題があるのです。

日本では高速道路で ETC を使いチャージされないことが直ぐにネットアップされ、しかも炎上する可能性が極めて高い。そうすると、先ず道路会社が、次は国交省が、最後にメーカーが袋叩きにされる。その惨事を避けるため、1回の通過で何十回もデータ通信を行い、その精度が99.99%。そんな必要はないのですが、折角の良いシステムが売れない。これは、日本が失敗を許す風土ではないという最も典型的な事例です。もうちょっと寛容であつてもと思います。

日本の安心縦社会ではライン内、特に、上司と直属の部下では強い絆が形成されます。これは、上司の意向通りに動かないと出世はできないからです。欧米の信頼横社会では個々が弱い繋がりになっています。良い情報は横社会では入り易く、縦社会では良い情報だけが入り易く、悪い情報は入ってきません。

横社会の良さを縦社会に取込むためには、上司が責任を取り、部下にセカンドチャンスを与える。経営者の責務として、それを職員に分かって貰うことが大事なのです。

また、上司の責務は、職位のミッション自覚と部下の育成です。ミッション遂行を第一にし

て、部下・同僚・上司から良いと思われたい・言われたいなどと言っているのは駄目な上司となります。部下に対しては怒ってはいけませんが、叱ることは必要だと思います。

有能な部下を、自分が楽をするために、いつまでも配下に留め置くのも駄目な上司の典型です。育成状況など時期を見て転出させ色々な仕事のチャンスを与えると職員が育ちます。良い職員が育てば組織は良くなります。部下の脳に汗を掻かせることが重要です。脳に汗を掻かなかつたら、将来は涙に変わります。

職員は脳に汗を掻いているか？ 汗を掻かせているか？

「職員が力を出すために」
⇒目的を忘れ、手段に拘っていないか？
⇒手段は直ぐに目的に変る
⇒目的を意識すれば、出来ない理由を考える不毛業務を回避
⇒出来る方策・方法を考え成功すればモチベーションアップ
⇒そのためには常に基本に戻る
⇒機能、要求性能
⇒土質力学、構造力学、流体力学、コンクリート工学、統計学

「どうすれば？」
⇒上司は部下に「何故その方法？何故そう考えたか？他に方法は？」を
問い続け、同時に人財育成
⇒基本に戻り解決策を纏め上げるには、StudyからLearnに！
【知識・情報に基づき思考と経験を通して知恵に！】
⇒受験競争で育ったStudy職員をLearn職員に！
Studyだけの職員は情報は多いが、知恵に変わった情報が、
現場でどう役立つかを知らない

技術者は少しでも早く技術士などの認定資格を取得することが重要です。技術士は、現状では独占名称資格ですが、やがて独占業務資格に格上げされ、技術士を持っていないとやりたい・興味ある仕事もできなくなります。

○プロ技術者のあるべき姿

プロは意志のある楽観主義者であってほしいと思います。

陸軍大将の山本五十六の言葉に、「やって見せ・言って聞かせて・させてみて・褒めてやらねば人は動かず」とありますが、これに「叱ってやらねば人は育たず」と続けて下さい。

現場では、見学の『見る』は駄目です。全体を俯瞰して『観る』、異常あるところを探して『視る』、原因を推定して『診る』、従事者の安全を『看る』、そして、現場の事情を最も知っている従事者から『聴く』を忘れないで下さい。

最後に、上司は自分と部下に、『何故その方法？ 何故そう考えたのか？ 他にもっとよい方法は？』を問い続けて下さい。

この建設業界がさらに良くなることを祈ってやみません。どうも有難うございました。