

建設工事のあるべき姿を実現 ～「インプラント工法」で世界の建設を変える～

株式会社 技研製作所
情報企画部 情報企画課 廣瀬大祐

1. はじめに

世界規模で深刻化する環境破壊、頻発する自然災害、複雑化し老朽化する都市基盤など、建設が抱える問題はますます厳しさを増している。地球環境をこれ以上破壊せず、歴史や風土に根ざした安全で豊かな社会を維持していくには、最少の環境負荷で最良の機能を発揮する効率的で確かな社会基盤の整備が不可欠である。

本稿では、建設工事のあるべき姿に焦点を当て、それを実現させる当社のコア技術である「インプラント工法」を用いた社会基盤整備の取り組みについて紹介する。

2. 建設工事のあるべき姿とは

社会基盤の整備には、毎年多額の税金が投じられる。国や自治体によって計画され発注される公共工事であるが、真の発注者は納税者である私たち国民に他ならず、それらは本来、国民の視点に立った誰もが納得できるものでなくてはならない。

そこで“建設工事のあるべき姿”を追求すると、工事の必須要件は「環境性・安全性・急速性・経済性・文化性」の五つに集約される。建設工事は安くて早ければ良いというものではなく、また環境や安全にのみ配慮すれば良いというものでもない。五つの要件がいずれも欠落せず突出せず、レーダーチャートに描いた際に調

環境性	工事は環境に優しく、無公害であること
安全性	工事は安全かつ快適で、工法自体が安全の原理に適合していること
急速性	工事は最短の時間で完了すること
経済性	工事は合理的で新設性・発明性に富み、工費は安値であること
文化性	工事は高い文化性を有し、完成物は文化的で芸術性に溢れていること



図1 建設の五大原則と科学的評価

和のとれた大きな正五角形として表されるものでなくてはならない。当社では、この根源的な法則を『建設の五大原則』と呼び、工法の選定基準および工事の品質基準としている。

3. 社会の持続的発展に向けて

科学技術の進化によって、社会の様相や価値観が絶え間なく変化するように、文明を支える社会基盤も、時代の進歩や文化の発展に伴い変化が求められる。社会基盤施設が最良の機能を発揮できるのは、特定の時代・場所・目的においてである。

構造物は本来、企画設計の段階から機能の変化や終焉、自然の復元や移設、さらには次なる企画設計での資材の再利用までを見据えた、循



図2 機能構造物のライフサイクル

環型ライフサイクルに則った機能本位の「機能構造物」でなくてはならない。

また社会基盤には、文明社会を持続的に発展させるとともに、自然災害から人命や財産、文化、歴史を守る「防災」という重要な使命がある。大自然の猛威に対して、その大きな外力に耐え留まり機能を維持し続ける“粘り強さ”が求められる。

4. 地球と一体化する「インプラント構造」

当社が推進する「インプラント構造」は、躯体部と基礎部が一体となった「許容構造部材」を地盤に挿し込み、地球にしっかりと支えてもらう構造である。

インプラント構造は、工場生産された許容構造部材を地上部から直接地中に挿し込むだけで

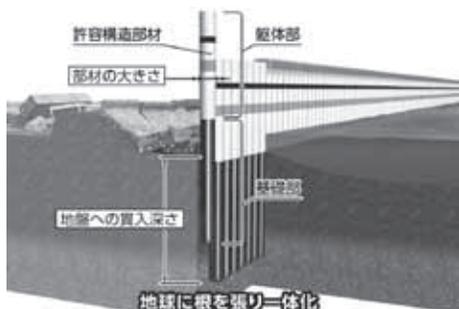


図3 インプラント構造(概念図)

構造物が完成するため、省スペースかつ早期に構築でき、地形改変を少なくし周辺への環境影響を抑えることができる。構造部材を引抜くことで移設、撤去も容易に行え、撤去した構造部材は別の用途に再利用するなど、循環型ライフサイクルを実現した機能構造物である。

また、許容構造部材は一本一本が工業製品として高い剛性と品質を有しており、部材の大きさと地盤への貫入深さによって、鉛直方向や水平方向からの外力に粘り強く抵抗する構造体を形成する。同構造を堤防として用いる「インプラント堤防」の場合、地震による液状化で基礎地盤が沈下したり、その後に来襲する津波で堤防の高さを超える越流が発生した場合でも、地盤に挿し込まれ地球と一体化した許容構造部材は崩壊や流失することなく、堤防の高さを保ち堤防機能を維持することができる。

実際に、2011年の東日本大震災では、多くの堤防が地震と津波の相乗作用で崩壊し甚大な被害をもたらされたなか、地盤に根入れされ地球と一体化した構造物は巨大地震と大津波に耐え残り、その強靭さが証明されている。

歯に例えるとわかりやすい。地盤の上に設置するだけの従来型の堤防構造は入れ歯のようなもので、大きな力がかかれば外れてしまう。しかし、インプラント堤防は言わばあごの骨に根を挿し込む構造なので、天然の歯のようにしっかりと固定され、大きな力にも負けずに耐え留まることができる。

5. 地球と一体化させる「インプラント工法」

インプラント構造の構築にあたっては、40年前に当社が世界で初めて実用化した無公害の油圧式杭圧入引抜機「サイレントパイラー」によって実現した独自の「圧入工法」を用いる。それまでの杭打ち機が、杭/矢板（鋼矢板、鋼管杭、コンクリート矢板などの建設資材）をたたいたり揺すったりする施工原理そのものによって公害を発生させていたのに対し、サイレン

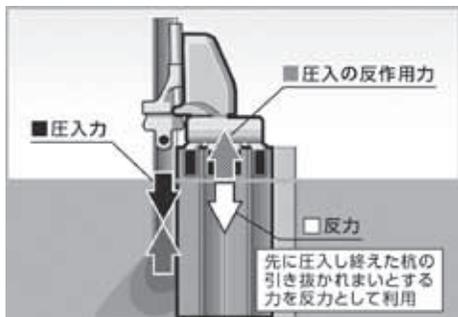


図4 圧入のメカニズム

トパイラーは施工済みの杭／矢板をつかんで反力とし、次の杭／矢板を油圧によって静的に地中に押し込む原理のため、振動や騒音がなく地盤を乱さない。

合理的な施工原理に加え、工事の影響範囲を最小限に抑えるコンパクトなシステム機器と、高品質な既成杭（工場生産された杭／矢板）を用いることで、作業場所や作業時間を選ばず、建設の五大原則を高いレベルでバランス良く遵守した施工を行うことができる。

1975年に誕生したサイレントパイラーはその後も進化を続け、①従来機の進入が困難な低空間での杭／矢板施工を実現した「クリアパイラー」、②境界線や隣接構造物に近接し隙間なしで鋼矢板を圧入する「ゼロパイラー」、③砂礫や岩盤など硬質地盤への杭／矢板の圧入施工を可能にした「クラッシュパイラー」、④既設構造物や地中障害物を打ち抜いて鋼管杭の回転切削圧入を行う「ジャイロパイラー」(最大杭径2500mm)、⑤杭／矢板の搬送、建て込み、圧



図5 サイレントパイラーF101

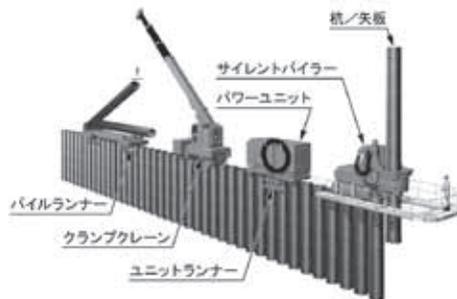


図6 仮設レス施工を実現したGRBシステム

入の全工程を完成した杭／矢板の上だけで完結させ、水上や傾斜地でも仮設工事が不要な「GRBシステム」など、広範な地盤条件と施工環境に対応する高度な圧入システム群へと発展している。

当社では、こうした圧入システムの開発をはじめ、建設の五大原則を遵守して高品質なインプラント構造物を構築させる技術を「インプラント工法」として体系化し、建設のあるべき姿を実現させる「工法革命」を推進している。

6. 国土防災への取組

剛性の高い高品質な許容構造部材を地中に圧入することで、地球と一体化した強靱な構造物を早期に構築できる「インプラント工法」の優位性を活かし、当社では、構造物の在り方を変革する「構造革命」にも取り組んできた。

特に自然災害に対しては、インプラント工法による事前防災や災害復旧技術を「ガード工法」「レスキュー工法」と銘打ち、国内外で早くから提案し実践を重ねている。これまでに、原子力発電所の前面護岸には「完全遮水壁築造」の必要性を提唱(日経コンストラクション2000年2月25日号掲載)し、海岸堤防には連続した杭／矢板で“背骨”を入れ強化する「インプラント堤防」を提案(同誌1999年12月24日号掲載)するなど、防災インフラの技術革新を訴えてきた。

その効果は、図らずも東日本大震災を契機に広がりを見せ、震災復興に向けた東北沿岸での



図7 完全遮水壁の築造（2000年2月25日発表）

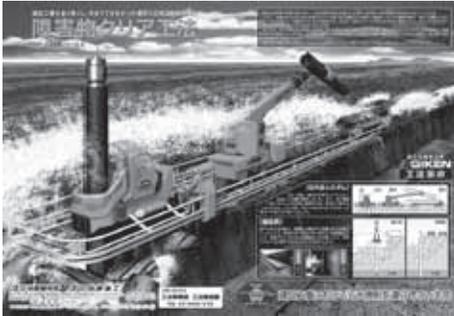


図8 インプラント堤防（1999年12月24日発表）



図9 高知海岸で整備が進むインプラント堤防

防潮堤の再構築をはじめ、南海トラフ地震に備える高知海岸での堤防改良工事や、大規模土砂災害のあった伊豆大島での導流堤の構築など、耐震、耐津波、国土強靱化対策事業でインプラント工法の採用が広がっている。

7. 都市機能を再生・強化する

インプラント工法は、防災・減災のみならず、限られたスペースのなかで都市機能を再生し高度化させる技術としても広く活用が進んでいる。

世界的な文化観光都市である京都市では、インプラント工法を活かした耐震地下駐輪場「エ



図10 京都駅前で稼働中のエコサイクル

コサイクル」3基が京都駅前の公共駐輪場として本年1月に完成している。円筒状に地中に押し込んだインプラント構造の連続杭を躯体壁とし、内部の空間を活用した機械式の駐輪システムで、直径約8m、深さ約12mの地下スペースに204台の自転車を全自動で収容する。

都市部の駅前広場や商業施設など、十分な用地が確保できない狭小地でも設置できる省スペース・高収容設計に加え、景観を損ねず地上部を有効活用できるデザイン性の高さ、簡単安全で最速8秒で自転車を取り出せる利便性の高さからも注目を集めている。

当社では、このエコサイクルの他に、自動車を全自動で地下収容させる耐震地下駐車場「エコパーク」も実用化させており、「地上に文化を、地下に機能を」のコンセプトのもと、インプラント工法で創造する地下空間を活用した地下開発事業も展開している。

遮蔽性が高く、恒温・恒湿性に優れる地下空間の有用性は幅広く、駐輪場や駐車場の他、資材倉庫や避難施設などとして活用できる。また、円筒形の地下躯体は地震に強く、建物を支える基礎としても機能することから土地を効率よく重層的に活用でき、機能的で環境にやさしいコンパクトシティに向けた街づくりに貢献できる。

8. 科学に裏付けられた確かな構造として

インプラント工法の優位性はそれだけにとどまらない。圧入では、杭／矢板に静荷重を加えて地中に押し込む過程で、その地盤への貫入状況をリアルタイムに計測し地盤の情報を確認しながら杭／矢板の挙動を油圧制御することができる。これは、科学的に証明された構造物の性能を施工しながら実証できるということである。

その特性を生かし、当社では圧入機の自動運転システムや圧入管理システムなど先進的な施工管理技術を実用化させ、インプラント工法の普及拡大を進めてきた。また、学術的な実験と現場における実証を融合させることで圧入原理の科学的解明や地下の可視化を進め、工法や施工システムの技術革新への道筋を明確にするため、1994年から英国ケンブリッジ大学との共同研究を開始。2007年には国際圧入学会（IPA）の創設にも携わり、地盤に圧入する杭／矢板と地盤との相互作用などを解明することにより、見えない地下をさらに可視化させる「圧入工学」の発展にも取り組んでいる。

科学は日進月歩をはるかに上回る秒進分歩で進化し、世の中には新構造や新素材による新発想の技術が次々と誕生している。建設も同様に、社会の安全や発展に寄与する社会基盤施設だからこそ、常に最先端の技術や素材が投入され、

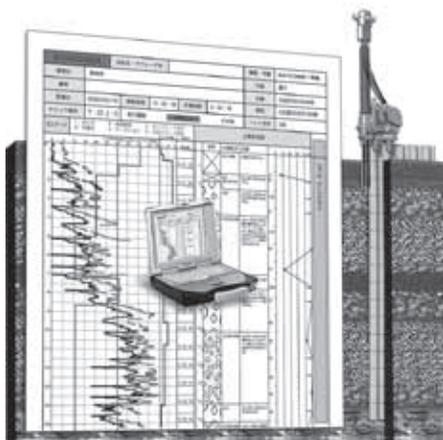


図 11 科学的圧入施工

科学に裏付けられた確かなものが整備されなくてはならない。災害に備える社会基盤施設が災害で壊れては話にならないのである。

9. おわりに

当社では、圧入原理の優位性に基づくインプラント工法の技術革新のみならず、インプラント構造物のデザインからそれを構成する許容構造部材の開発、構造物の施工から神経構造物と呼ぶセンサーによる完成後の維持管理に至るまでのライフサイクル全体を、専門家の立場から科学的に検証し企画提供するトータルコンサルティング事業への転換を図っている。

図 12 は、許容構造部材を水平に圧入し、山間部の山肌などに直接建設する「水平インプラント道路」のイメージ図である。インプラント工法でこそ成し得る全く新しい社会基盤整備の一例であり、地球環境と文明社会の共生を図る未来志向の建設の在り方を示している。「インプラント工法で世界の建設を変える」私たちの挑戦はこれからが本番である。

参考文献

- 1) ㈱技研製作所ホームページ
URL:<http://www.giken.com/>
- 2) 「圧入工法設計・施工指針」(平成 27 年 6 月；国際圧入学会)



図 12 水平インプラント道路