

特集 「リニューアル」

解説

土木分野のリニューアル技術
Renewal Technology of Public Works



松田 隆
Takashi Matsuda



伊藤 政人
Masato Ito

1. はじめに

社会資本整備の一環として土木構造物建設技術は常に進歩しているが、成熟した社会では新たな創設を対象とした技術のほか、スクラップアンドビルドあるいは長寿命化・機能付加となるリニューアル技術が必要であることは言うまでもない。特に、Fig. 1に示すように建設後50年が過ぎようとしている土木構造物は今後急激に増加するため¹⁾、その耐用年数を考えれば既存構造物の見直しは必至である。

土木構造物の場合、建築物に比べ機能的な面からも耐用年数が高いことと、構造物本体が利用者から見えにくい環境にあることから、リニューアルの時期が明確にならないことが特徴的である。また、公共性が高いことからリニューアル工事期間中においてもその機能を停止することができないので、サービス供用の確保が建築物同様に望まれている。また経済原理から、長期使用を睨んだりリニューアルの費用対効果に関する定量的予測技術と、既設構造物隣接工事から空間的・時間的な制約条件下での工法技術とが特に求められている。

本文では、土木構造物のリニューアルにおける基本的な検討項目を挙げ、当社が保有するリニューアル技術を簡単に紹介する。

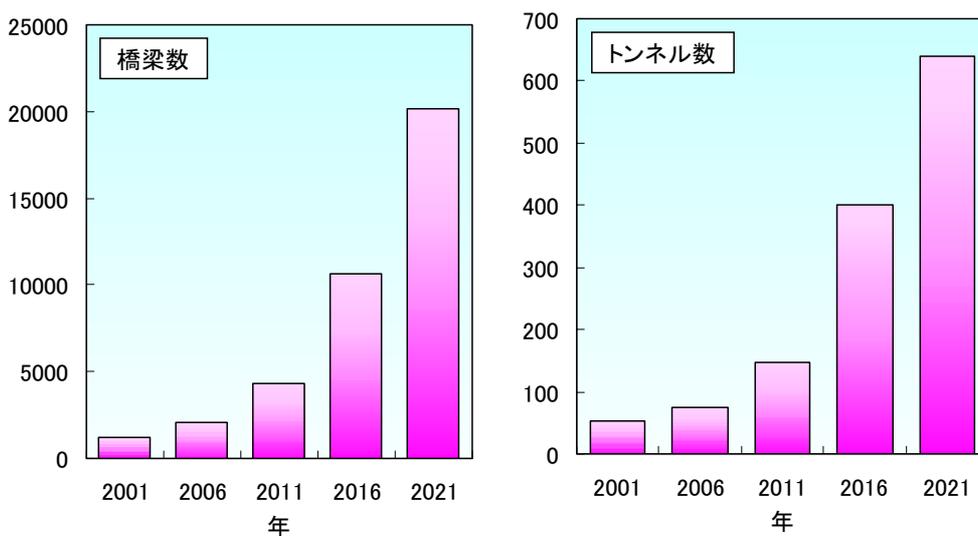


Fig. 1 建設後50年以上の橋梁・トンネル数¹⁾

The Number of Bridges and Tunnels where 50 Years after Construction Passed

2. リニューアルにおける検討項目

土木構造物のリニューアル特有の技術としては、調査設計技術、延命化といわれる機能維持の観点から派生する補強技術、社会情勢の変化に伴う機能拡充による拡幅工法技術に大別される。これらの基本的な検討項目を以下にあげる。

2.1 調査技術 - 既存構造物及び支持地盤の構造あるいは機能の現状診断技術 -

第一段階として、構造物の有する機能を再度見直すことである。機能とは容量・荷重・変形性能・気密性能・振動特性などであり、現在及び将来の要求性能を定量化する必要がある。この場合、重要なのが設計指針における仕様規定を遵守するか性能設計を行うかであるが、レベル2地震動を対象とした場合、限界状態を定量的に予測する性能設計の方が経済的な設計となる。

第二段階は、基礎構造を含む構造物全体あるいは構造部材の非破壊検査による現状診断と、実際の作用荷重を対象とした機能照査である。外観上の変形や損傷を可視光あるいは赤外線で観測する方法や、構造物全体の劣化状況を構造物の固有振動数を計測することによって予測する方法がある。

2.2 構造選択 - 現有の構造安定性に影響を与えない構工法 -

既供用の諸機能を低下させる事ができない場合が多く、特に、内空間の確保が要求される。原設計仕様に復旧する場合は、材料的あるいは施工的な検討が主であるが、原設計仕様以上の性能を保有させる場合は、構造補強が必要になる。耐震補強における設計震度の上昇への対応はこの場合に相当する。構造補強で重要なのは追加部材の母材への接合方法と、新たな部材の設置が当初設計にない外力となることの考慮である。すなわち、部材の一部を補強した場合、他の部分が弱点となり全体系での耐力は上昇しない事があるので留意が必要である。

2.3 材料選択 - 既設構造物のとの接合性、対腐食性の優れた材料の選択 -

スクラップアンドビルドと異なり、リニューアルの特徴は、既設構造物と付加構造物が一体となって、外力に抵抗することになる。このため、既設構造物との接合性、一体性に優れた材料あるいは工法を選択する必要がある。また、下水施設や上水施設では化学物質に対する腐食が激しいため、このような構造部のリニューアル時には耐腐食性を考慮した材料選択により耐用年数をのばすことが可能である。

2.4 施工法選択 - 近接施工、狭隘部施工、空間及び時間的制約の克服 -

インフラ施設のリニューアルの多くは、供用中の既設構造物の直上・直下・隣接の条件下で行われるため、施工法に大きな制限がある。例えば、橋梁基礎の補強の場合、数メートルの桁下空間での施工となるため、空頭制限を受ける。そのため、特殊機械や短尺部材の使用による作業を強いられることとなり、より効率的な小型工事機械あるいはそれに適応した施工法の選択が必要となる。

2.5 経済性 - 今後の劣化進行・機能低下を予測した上での投資効果の定量化 -

構造面のほかサービスの維持欠損などの社会的要因もあるため、リニューアルをいつ・どの程度行うかの判断は一般的に困難である。材料的な劣化に対しては、構造物がおかれている環境条件、建設工法に応じて、将来の劣化を予測することが重要であり、LCC（ライフサイクルコスト）評価によって補修時期・補修工法を選択することでより大きな投資効果を得ることができる。また、地震被害に対しても、地震損失コストと耐震補強の費用対効果を定量的に把握することで、最適なりニューアル方法を選択することができる。

リニューアルにおける経済性を考える上で、事前に補強を行うことで損傷を予防するのではなく、「損傷が生じた時に復旧する」「保険で処理する」などの考えもある。この時重要なのは同時に多くの構造物が損傷を受けたり、物流が正常でない場合、損傷復旧には予想以上の時間を要し、総社会資本の損失は多大になる事である。そのため、事前のリニューアルの費用対効果算定時には、リニューアルしない場合の最悪のシナリオ設定が検討対象になるべきと考えられ、この点に関しては1995年阪神淡路大震災において検証されている。

3. 当社保有の主なりリニューアル技術

Table 1に当社が保有する土木分野のリニューアル技術をその対象構造物で分類した表を示す。表は、機能分類として、材料劣化に対する補修および機能修復に対応する技術と構造的（特に耐震）補強に対応する技術に分けて示してある。以下に当社保有の主なりリニューアル技術を紹介する。

3.1 診断・調査技術

調査・診断技術には、材料劣化対応として「LCCナビ」、また構造補強対応として「Quake Ranger」、両方の機能にまたがるシステムとして「RC耐力診断ナビ」が当社独自の技術として開発されている。

「LCCナビ」は、RC構造物の塩害、中性化、凍害、化学的劣化などの材料劣化度を照査でき、さらにメンテナンス手法を入力することによりLCCの経時変化を表示できる。これによりコストミニマムなメンテナンス工法を選択することができ、RC構造物の補修時期・補修工法選択のための強力な支援ツールとなっている。「Quake Ranger」は、広範囲にわたる地盤被害・構造物被害の危険度を、50m～1kmメッシュのボーリングデータを用いて地震応答解析を実施することにより評価するシステムであり、地震被害に対する補強場所の選定ツールとなっている。「RC耐力診断ナビ」は、塩害による鉄筋腐食という材料劣化のプロセスをRC断面の曲げおよびせん断耐力の減少とリンクさせ、その経時変化を予測するシステムである。

Table 1 当社が保有する土木分野のリニューアル技術
Renewal Technologies developed by OBAYASHI

対象分類		機能分類	材料劣化補修・機能修復	構造（耐震）補強
調査・診断		LCCナビ	RC耐力診断ナビ	Quake Ranger
リ ニ ウ ア ル 工 法	構造物共通		ウォータージェットはつり工法 Oショット工法（構造物修復用吹付けコンクリート工法） ジョット工法（断面修復用吹付けコンクリート工法） 膨張性高流動コンクリート工法 球コート工法（湿式球コート樹脂によるひび割れ注入）工法 クレイグアウト工法（低コスト充填クレーグアウト工法） 超寿命コンクリート スムースボード	
	橋梁（高架橋）		塩害橋梁の大規模補修補強工法	SSRS（鋼製セグメント耐震補強）工法 CRS（炭素繊維補強）工法 シートパイル基礎工法 ガンパンプレス高架橋耐震補強工法 鋼製パネル式仮締切り工法
	トンネル		無収縮性充填クレーグアウト工法 スパースパッキング工法（トンネル覆工裏込め注入） トンネル覆工コンクリートの補修工事連続施工システム	インバートによる変状防止工法
	上下水道施設		耐酸コンクリート工法 アンカーシート工法（高密度ポリウレタンシートによる防食工法） 硫黄固化体	
	ダム		堤体嵩上げ工法 / ヘドロ固化による堆積土除去工法	
	土構造物			アースライvingのり面耐震補強工法 遠心実験を用いた軟弱地盤の沈下変形問題対応技術
	港湾・河川構造物		アクアコンクリート工法	鋼製パネル式仮締切り工法 TOFT工法
	エネルギー施設		LNG気化器基礎補強工事	深層混合処理工法 TOFT工法

Table 1の各工法青文字部分をクリックすると詳細情報がご覧いただけます。

今回の特集で紹介されている技術

3.2 リニューアル工法

リニューアル工法では、主にRC構造物を対象とした工法が多く開発されており、RC構造物共通の工法として、はつり、吹付、注入・充填といったRC構造物の補修時に必要となる施工プロセスに応じて、それぞれ施工法が開発されている。特にジョツクリートは、従来工法に比べ接着性及び強度特性が良く、年数の経過した鉄道の部材補修に実績が豊富である。

個々の構造物を対象としたリニューアル技術として、まず橋梁の耐震補強を目的としてこれまで多くの独自技術が開発されている。特に、高架橋の耐震補強である「SSRS工法」や「ダンパーブレース補強工法」は、既設部分との接合方法に配慮しており、付加部材に対して引き抜きや剥離などの損傷が生じない工夫がなされている。本特集では、この「ダンパーブレース補強工法」に加え、「アースネイリングによる橋台補強工法」が紹介されている。

また、トンネル覆工の裏込注入工法として「スーパーパック工法」、河川などの水中橋脚の耐震補強工法として「鋼製リングパネル工法」、上下水道構造物における硫化水素への耐食性に有効な工法として「アンカーシート工法」、「耐酸コンクリート工法」などそれぞれ構造物の特有の条件に有効な施工法が開発されており、各所で実績を挙げている。特に最近は上下水施設に対して有効なリニューアル材料として、耐酸性の優れている「硫黄固化体」を開発中である。水中打設時に高い不分離性を持つコンクリートとして開発された「アクアコンクリート工法」は、港湾・河川構造物において、新設工事のみならず、リニューアル工事にも有効な技術として実績を上げている。

4. おわりに

土木構造物のリニューアルには、「老朽化」「延命化」といわれるような現状と、建設当時に比べ社会情勢や設計思想が変化したことによる機能更新が動機になる。前者に関しては、戦後あるいは高度成長期に建設された構造物の補修・補強に関する検討が増加している。後者に関しては、国の指導もあり耐震補強などは義務付けられている分野を中心に具体策が検討されだしている。ここで紹介した工法はこれらリニューアル事業に対する大林組特有工法の一部であり、実際にはこれまでの実績、工期、費用、制約条件を加味して多様な選択肢を提供している。

一方、各機関の財政はこれからも厳しい状況が予想され、より有効な予算配分の考慮が必要であることは言うまでもない。そのため、リニューアル費用の投資優先順位や費用対効果の評価が対策工の実現には重要になってきている。この点に関しても、ここで紹介したシステムが有効に活用できる他、実績の蓄積が有効な提案に結びついていると考えている。

現在、リニューアル事業に対する更に狭隘部での工法、更に工期の短い工法、更に効率のより工法及び直接工事費の他社会資本としての投資効果を含めた総合評価手法の開発を行っており、今後、別の機会にそれらの成果を紹介したい。

参考文献

- 1) 中谷昌一：国土交通省における道路アセットマネジメントの考え方，土木学会誌，Vol.89，No.8，pp.24-26，2004