

公共地下施設の維持管理システムの構築に関する研究 — 共同溝躯体点検システムの新たな提案 —

山下 和彦¹・山本 浩司²

¹ (一社) 近畿建設協会 技術部 (〒540-6591 大阪市中央区大手前1-7-31)

² (一財) 地域地盤環境研究所 (〒550-0012 大阪市西区立売堀4-3-2)

公共地下施設（主に共同溝）の今後の維持管理には喫緊に取り組むべき二つの重要課題がある。それは①施設躯体の老朽化（経年劣化リスク）と②巨大地震による損傷可能性（地震・地盤災害リスク）への対処である。一方、公共施設全般における今後の維持管理を取り巻く社会情勢は、資金的、人材的に逼迫しており、さらに共同溝の維持管理は一般の構造物に比べて技術的に難しい環境条件におかれている。そのような中でこの二つのリスクを的確に回避するためには、現状の躯体点検システムの不足を見直し、新たに最適化された維持管理システムの構築に取り組む必要がある。本文では、研究成果の「共同溝躯体点検マニュアル(素案)」と「地盤・施設リスクマップ情報システム」より、点検システムを新たに提案する。これは近畿圏における共同溝躯体の点検管理に反映され、今後の維持管理に寄与するものと期待される。

キーワード 公共地下施設, 共同溝, 維持管理, 経年劣化, 地震防災, 地盤

1. まえがき

近畿圏における共同溝の整備は1970年代（昭和50年前後）に始まり、早期のものは現時点で築後40年を経過している（図-1、図-2参照）。この間にその整備延長は72kmに及び、また経年の大きいものの比率も高く今後は上昇の一途を辿ることになる。一方、近い将来に必ず発生することが予測されている東南海・南海地震に対しても備えが必要になっている。このように近畿圏の共同溝の維持管理を考える上では、構造物の劣化リスクばかりでなく、巨大地震等の自然災害に対するリスクに適切に対応していくという視点が重要である。

このような共同溝の今後の維持管理を取り巻く社会情勢を見ると、膨大となったストックに対する維持管理に配分可能な資金の制約、さらに少子化に伴う労働人口の減少からの人的資源の制約があり、従来よりも厳しい状況になることが予想される。また、共同溝の維持管理は、

構造物の内面など限られた部分のみを見ることができただけであること、常に高い地下水位以下にあること、周辺地盤の状況を調査することが極めて困難であることなど、一般の構造物に比べて技術的に難しい環境条件におかれている。

一方、従来の共同溝の維持管理を見ると、必要な点検が行われデータの蓄積はあるものの、経年的、場所的に一定していないこと、点検結果を評価する基準が必ずしも明確ではないこと、点検記録の活用がしにくいことなどの問題があった。

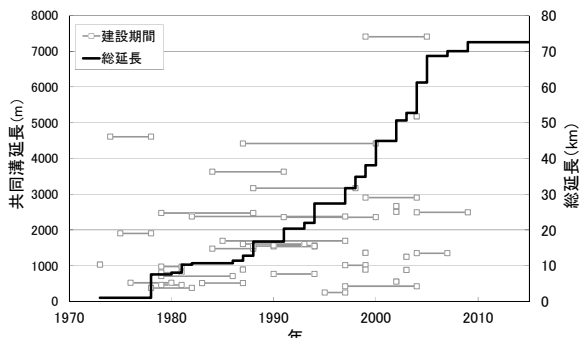


図-1 近畿地方整備局管理の共同溝の建設年と延長

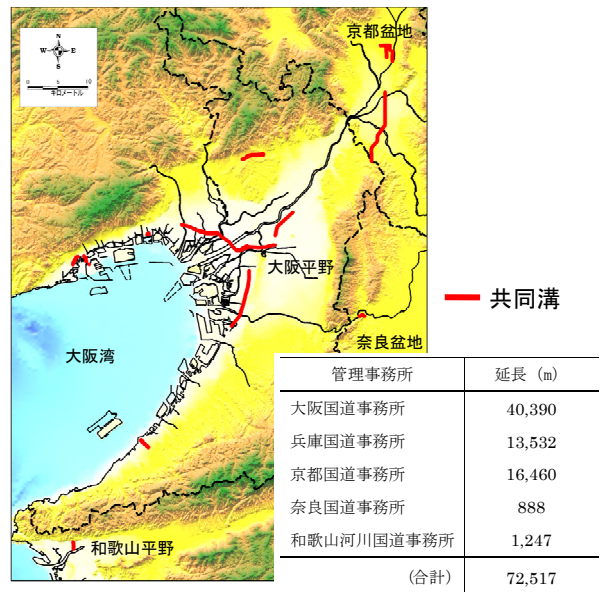


図-2 近畿地方整備局管理の共同溝の分布と延長

本研究は、そのような状況にある共同溝の維持管理をさらに効率的かつ合理的な内容に改善することを目的に取り組んだものである。行政の補完・補助者として公共施設の点検・管理に携わってきた(一社)近畿建設協会と関西地域の地盤研究に携わってきた(一財)地域地盤環境研究所が、学識者および近畿地方整備局関係者の助言・指導を受けながら共同で実施した¹⁾²⁾。研究活動は2013年3月をもって6年間の活動を終了した。本文では、主要な研究成果である「共同溝躯体点検マニュアル(素案)」と「地盤・施設リスクマップ情報システム」より、共同溝躯体点検システムの新たな提案を述べる。

2. 研究フロー

図-3に本研究の全体フローを示す。本研究の目的は公共地下施設に対して今後の維持管理のあり方を提言し、施設の今後の維持管理の最適化へ寄与することである。

2008年からの前期の研究では、大阪平野の中央に位置し、初期に建設された大日・守口、城東、梅田、福島各共同溝を対象に、長年にわたり集積されてきた共同溝施設・点検情報³⁾と地盤情報⁴⁾をもとに、①施設劣化リスクと②地盤・地震災害リスクの状況に関する検討を行った。①では現在の施設状態を把握するために各種損傷の分布状況を取りまとめ、加えて損傷進展に関する経年変化を概観し、維持管理において注目すべき損傷箇所の存在を把握した。②では共同溝周辺の地盤環境を可視化し、地震時の液状化の可能性と施設への影響の検討、活断層交差部の特定等の成果を得た。また、損傷度評価手法の組立や、現行の点検内容と判定基準に関する課題の見直しについても検討を行った。

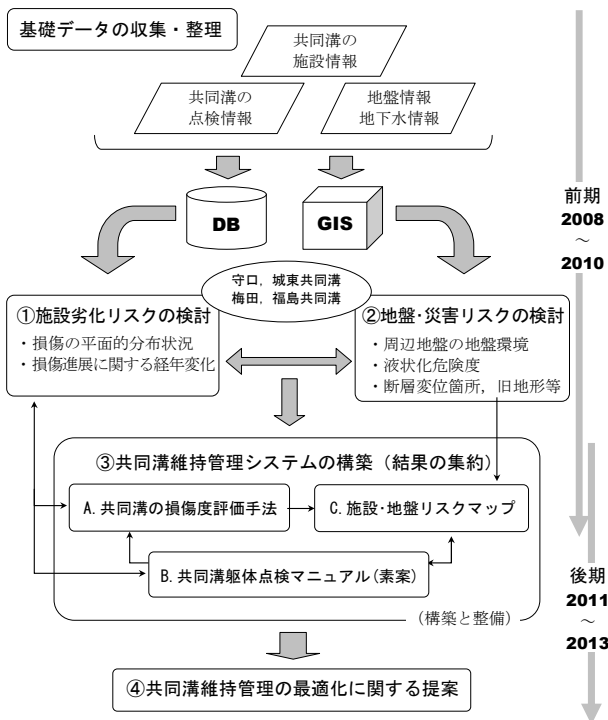


図-3 研究の全体フロー

2011年からの後期は、前期の成果を基礎としてA)共同溝の損傷度評価手法の構築、B)共同溝躯体点検・保全マニュアル(素案)の作成、C)施設・地盤リスクマップ情報システムの開発を進めた。2013年度はこれらを集約し、共同溝維持管理の最適化のための共同溝躯体点検システムの新たな提案を研究報告書²⁾等にとりまとめた。

3. 共同溝躯体点検・保全マニュアル(素案)

「共同溝躯体点検・保全マニュアル(素案)」(以下、「マニュアル」という)は、従来の点検業務の改善課題として各管轄(事務所)で異なる点検手順を統一し、未整備であった点検マニュアルを策定すること、維持管理検討に必要な点検ランク判定基準や損傷度評価手法を導入することに取り組んだ。作成に当たっては過去の点検データによる適用検証を行い、研究委員会で審議を繰り返すとともに管理者・点検者の意見も反映させた。

3.1 現行の点検業務とその改善課題

現行の点検業務は、以下のように実施されてきた。

- ・各事務所毎の点検手順・評価法により実施。
 - ・現状確認を主とし、経年的な追跡点検ではない。
 - ・維持管理計画や対策(補修・補強)の実施につながる損傷度評価の検討義務はない(手法も未確立)。
- これらの点をふまえ、以下の改善課題を掲げた。

- ①点検業務内容の統一と明文化
(点検手順, 判定基準, 点検方法のマニュアル化)
- ②点検ランク判定の基準化
(ランク判定法の統一, ランクと点検対応の関連づけ)
- ③点検情報等による躯体損傷度の評価
(客観的な総合評価, 維持管理計画への反映)
- ④損傷箇所の経年的な状況変化の調査
(新たな点検技術の導入, 点検情報の蓄積含む)
- ⑤点検情報等の集積システムの構築
(施設情報や地盤情報も含む総合的情報システム)

3.2 マニュアルの位置付け

本マニュアルは以下のように位置付けた。すなわち、以上の改善課題に対して解決策を提案することが、本マニュアルを作成・提案することの趣旨である。

- ・本研究成果の導入
(点検ランク判定基準・判定法, 損傷度評価手法等)
- ・4種の点検(日常, 計測, 詳細, 緊急)で構成し、ランク判定による点検間の関係づけを明確化
- ・共同溝の損傷要因(構造・経年的損傷, 地震災害等による損傷)を説明し、点検業務の視点の明確化
- ・予防保全, 不具合箇所の補修・補強技術への言及

3.3 マニュアルの全体構成と内容要旨

(1) 共同溝維持管理の全体フロー

共同溝(躯体部)の維持管理は、図-4と以下に示すように大きく4つの事項による全体フローを前提とした。この全体フローの中で、本マニュアルには「診断(点検と評価)」と「記録(情報)」の詳細を定めた。

維持管理計画・共同溝維持管理の全体を規定する。
 診断・4種の点検を関連付けて実施し、損傷の有無、性能の評価、対策の要否を判断する。
 記録・施設・点検情報と地盤情報を記録（保存）し、点検業務等へ各種情報を還流する。
 対策・損傷箇所に対して補修・補強の必要性を判断し、対策工を検討・実施する。

(2) 基礎資料の整備

共同溝の維持管理は、施設情報、点検情報、地盤情報などの各種情報が基礎データとなる。本マニュアルでは、その基礎資料の整備は管理者の役割とし、共同溝完成時の初期性能を把握することを目的に、完成図書、設計計算書、土質柱状図、完成検査結果、指示書等の共同溝の基礎情報を収集してデータベース（DB）に保存することとした。基礎資料の整備項目は、共同溝の初期性能および損傷度評価結果を評価するために必要な基礎データとした。これらの情報も「記録」として還流される。

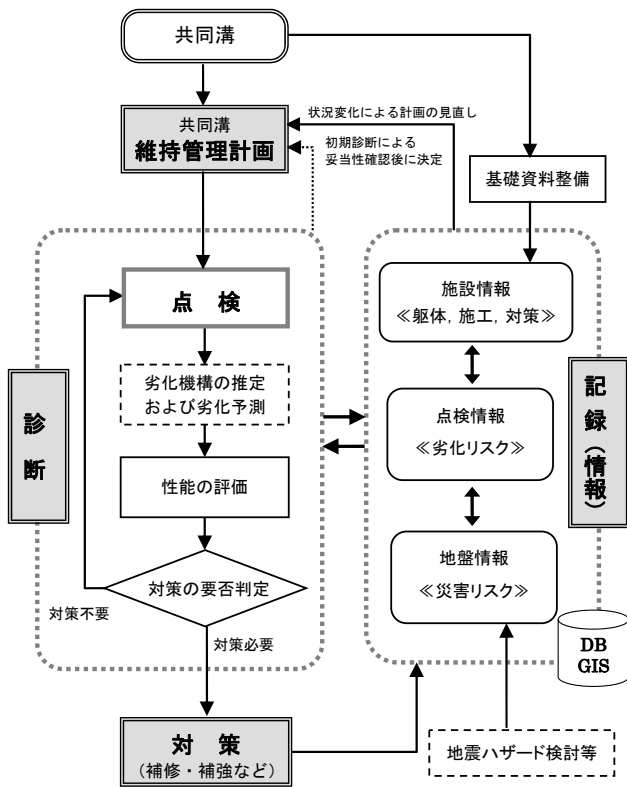


図-4 共同溝維持管理の全体フロー

(3) 点検種別とランク判定

点検は、日常点検、計測点検、臨時点検、詳細点検の4種とした。ただし、その基本的な構成については、近畿地方整備局における従来からの点検業務との実施内容の混乱を避けるために、現行の点検内容（業務仕様）との整合に留意した。

図-5に点検種別と相互の関係を示す。各点検の実施順位と対策工法検討までの流れは、新たな「点検ランク判定基準」による判定ランクに対して関係づけた。点検結果より各損傷箇所のランク判定を行い、その判定ランク（推定される損傷度）に応じて次段階の点検種（必要に応じてより詳細な点検や対策工検討）へ移行するように関係づけたことが、本マニュアルの大きな特徴である。各点検の内容は、以下のとおりである。

- 日常点検・損傷状況の目視調査より、点検ランク判定（損傷度判定）と常時の経過観察を行う。
- 計測点検・Bランク（注意：損傷度の高い箇所）以上に対して監視と点検強化のための計測を行う。
- 詳細点検・Aランク（要検討：重大な損傷の可能性を有する箇所）に対して対策の要否を判定するための調査を行う。
- 臨時点検・地震災害等の自然災害・事故の発生時において、共同溝の安全性と使用性等を目視調査により確認する。

(4) 点検ランク判定基準

新たに提案する点検ランク判定基準（表-1）は、日常点検（年点検）から損傷度を判定する基準として定めた。現行の手順を一部見直し、目視調査により点検可能な10項目の損傷について、漏水あり・なしの区分を考慮して損傷度のランク判定を行うこととした（5参照）。判定基準のランク区分は、各点検項目（代表的な損傷）に対して（4+1）のランク区分とした。この内、A～Dランクの判定は日常点検（年点検）において実施する。その結果に対し、Bランク（注意）以上の損傷箇所は計測点検の対象箇所とし、Aランク（要検討）は詳細調査を実施して対策（補修・補強）の要否を判定する流れとした。対策要実施と判断された損傷箇所はAAランクとし、経過観察扱いと判断された箇所はAランクのまままでランクの変更は行わないとした。

表-1 新たな点検ランク判定基準

判定ランク	措置	備考
AA	要対策 ※補修・補強を実施	詳細点検で要対策と判定された箇所
A	要検討 (計測・詳細点検を実施) ※補修・補強を検討	日常点検で判定：損傷度が重大 ※対策不要となった箇所は経過観察扱い
B	注意	：損傷度が高い
C	やや注意 (日常点検のみ)	：軽い損傷
D	健全 (日常点検のみ)	：問題なし

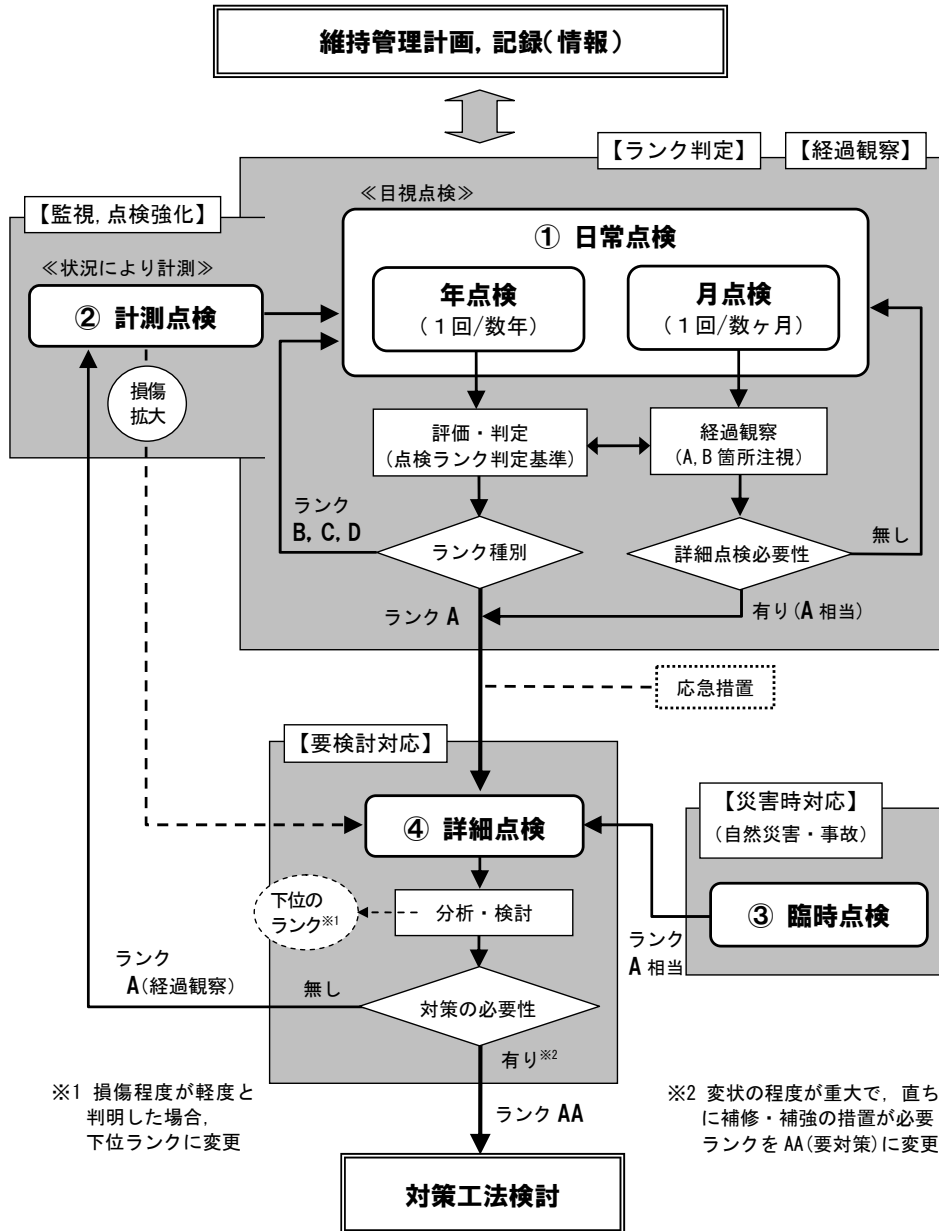


図-5 点検種別と相互の関係

(5) 点検ランク判定の方法 (損傷箇所のランク判定)

現行の点検業務には、各事務所で判定ランクの対応内容 (健全度区分) が異なる、判定基準に曖昧な表現がある (点検結果をどの判定項目に分類すべきか迷う) といった問題がある。そのような点を改善するために、表-1 のランク判定基準に対応する「躯体損傷箇所のランク判定方法」を新たに提案する。

表-2 に躯体損傷箇所のランク判定内容を示す。このランク判定法では、判定項目のうち「ひび割れ」が原因で発生する「遊離石灰」と「漏水」に着目し、以下のようにランク判定 (損傷度の評価) を行う。

- ① 損傷の部位を一般部または目地部に分類する。
- ② 一般部の損傷は、「ひび割れ」を基本に「漏水」を伴う場合または「漏水なし」に分類する。

- ③ 「漏水なし」では、ひび割れ幅が計測できる場合は判定項目「ひび割れ」とし、ひび割れ幅が計測不可の場合は判定項目「遊離石灰」に分類する。「漏水あり」では、全て判定項目「漏水」に分類する。

ここで、一般部と目地部に区分したのは、目地部の「漏水」に伴う「錆汁」はスリップバー等に起因することから躯体構造物の劣化に直接影響は少ないと考えられるからであり、一般部よりも一つ判定ランクを下げた。また、一般部の「漏水」及び「遊離石灰」が伴う損傷については、躯体構造物の劣化に寄与する要因と考えられるので、漏水量または錆汁量で判定ランクを分類することにした。

表-2 点検ランク判定基準の判定内容

判定ランク		D 健全	C やや注意	B 注意	A 要検討	
一般部 ひび割れ					段差がある。	
漏水なし	ひび割れ	横断方向	横断方向で 0.3mm 未満	横断方向で 0.3mm 以上～3.0mm 未満	横断方向で 3.0mm 以上	
		斜め方向		斜め方向で 0.3mm 未満	斜め方向で 0.3mm 以上～3.0mm 未満	斜め方向で 3.0mm 以上
		縦断方向		縦断方向で 0.3mm 未満	縦断方向で 0.3mm 以上～3.0mm 未満	縦断方向で 3.0mm 以上 0.6mm 以上の曲げひび割れ
		その他		亀甲状 or 網目状で 0.3mm 未満	亀甲状 or 網目状で 0.3mm 以上～3.0mm 未満	亀甲状 or 網目状で 3.0mm 以上
	鉄筋露出・剥離・腐食			剥離のみが生じている	鉄筋が露出しているが、腐食が軽微である	主鉄筋が露出し、著しく腐食（断面欠損）している
	遊離石灰・錆汁跡	一般部	遊離石灰 錆汁跡あり	遊離石灰+錆汁跡あり	広範囲に遊離石灰 広範囲に錆汁跡あり	遊離石灰が斜めまたは縦断方向のひび割れに沿って発生 ※詳細点検でひび割れ幅を調査しひび割れの判定を行う
目地部		遊離石灰+錆汁跡あり 遊離石灰, 錆汁跡あり				
漏水あり	漏水	一般部		漏水が斜めまたは縦断方向のひび割れ、遊離石灰に沿って発生 ※詳細点検でひび割れ幅を調査しひび割れの判定を1ランクアップ (漏水なしのB判定項目がAの要検討にアップ, C→B, D→C)		
			湿っている	漏水が流れている 湿っている+遊離石灰 湿っている+錆汁	漏水が流れている +遊離石灰 漏水が流れている+錆汁	漏水が大量に流れている 土砂混りて噴出・堆積 漏水が施設、設備にかかる
	目地部	漏水が流れている 湿っている+遊離石灰 湿っている+錆汁	漏水が流れている +遊離石灰 漏水が流れている+錆汁	漏水が大量に流れている	土砂混りて噴出・堆積 漏水が施設、設備にかかる	
	滞水			滞水の跡がある	滞水している	
目地の開き・段差		段差及び開きが 1cm 未満	段差及び開きが 2cm 未満	段差及び開きが 4cm 未満	段差又は開きが 4cm 以上	
目地の損傷		目地材が劣化または ズレている	目地材の破損 または断裂	著しい劣化または 躯体断面の一部損傷	著しい劣化+躯体、 または施設、設備に影響	
セグメント水平鉛直段差		継手固定ボルトに錆	継手固定ボルト及び 継手材に錆	継手固定ボルトに、緩み、 腐食	目視で分かるズレ・段差	
初期欠陥		砂すじ or 軽微な コールドジョイント	骨材が固結+漏水が伴う コールドジョイント	骨材が抜ける+漏水を伴う コールドジョイント	コンクリート剥離+断面欠損	
補修・補強材の損傷					損傷が認められる	

- 漏水 : 「漏水あり」の場合の「遊離石灰」は、躯体構造物の劣化に直接影響が少ないため、漏水量と錆汁量でランク分けを行う。
- ひび割れ : 斜め方向のひび割れとは0=45度±15度の範囲とする。側壁部・ハンチ部に限る。頂版部は横断方向のひび割れと同等。
- 遊離石灰 : ひび割れに沿って発生している「遊離石灰」は、「ひび割れ」同様に方向を考慮してランク分けを行う。

4. 施設・地盤リスクマップ情報システム

各共同溝の施設・地盤リスクの現状を抽出・把握するために「施設・地盤リスクマップ情報システム」を開発した。これは、GIS上に地盤・地震災害リスクに関わる情報と施設点検情報を集約するものあり、点検業務の品質向上や補修・補強必要箇所の検討などへの活用を目指すものである。点検マニュアルの中では「記録」の役割を担う要素技術である。

(1) システムの開発コンセプトと開発要件

システムの開発コンセプトは、以下のとおりである。

- ・今後の維持管理に活かされる情報システムとして、点検情報の詳細かつ継続的な蓄積と提示ができること
- ・対象共同溝の基礎情報（躯体構造等）や周辺の地盤環境情報（地盤条件、地盤災害リスク）も含めた総合的な情報の蓄積と提示ができること
- ・以上による「施設劣化リスク」と「地盤・地震災害リ

スク」の情報（潜在するリスクの所在、本研究成果等）が目に見える形で分かりやすく表現できること
本システムはSRI社のArcGISをベースエンジンにアプリケーションを開発した。加えて、点検情報の経年比較のためのサブシステムも構築した。必要とするソフトウェアはMicrosoft Windows XP(SP3)～windows7,8, Adobe Acrobat Reader X, Microsoft Access (Office XP, 2010)である。表-3 にシステムの表示内容と収録データを示す。

(2) システムの特徴

本システムの特徴は、以下の通りである。図-6 にシステム画面の表示例を示す。

- ・共同溝の施設・点検情報が経年的に参照できる。
- ・共同溝周辺の地盤環境や地震時挙動（地震動、液状化等）に関する情報が参照できる。
- ・損傷度の高い箇所、地盤脆弱度の高い箇所とその評価結果が一元的に示される。
- ・多種・多量の情報が分かりやすく表示される。

5. むすび

本研究の成果より「共同溝躯体点検・保全マニュアル(素案)」と「施設・地盤リスクマップ情報システム」を提示した。これらは、現行の点検システムの改善提案を主としている。

本研究では、当初、過去からの共同溝点検の膨大な情報をもとに共同溝の現況(劣化等の不具合)に関わる諸要因と潜在する危険性を分析・抽出し、維持管理のための情報の集約を行うことで新たな維持管理システムの構築に取り組み、今後の維持管理の最適化について積極的に提言することを目指した。つまり、意図したことは、現況の損傷状況を把握することと、各種損傷の進行状況(劣化曲線)を定式化することであった。共同溝の損傷

箇所今後の進展(劣化リスク)を予測できれば、将来の維持管理における“適切な補修・補強による建造物の延命化およびその補修・更新費用の平準化・最小化を図る”ための手がかりとして極めて有益な指針となる。しかし、現行の点検業務は、現在一般的に行われている対症療法的な維持管理に対応したものであるため、点検情報からその知見を得るまでには至らなかった。このことは、裏を返せば、現行の点検手順では今後の維持管理に必要な情報が不足していることを意味している。そのため、本研究では現行の躯体点検に対して基礎的な改善案を提示した。これらの成果が、近畿圏における共同溝の維持管理の効率化と合理化に役立つこと、さらには他地域における共同溝の維持管理の一助となることを期待する。

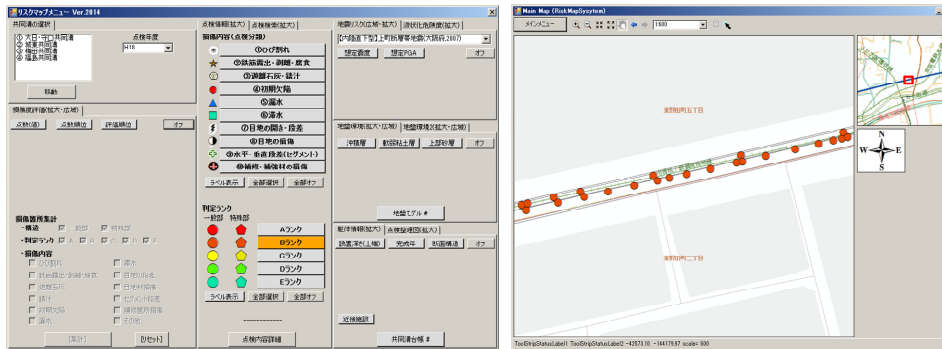
謝辞：本研究の実施にあたり、小山幸則委員長(元京都大学大学院教授・立命館大学客員教授)、井上晋委員(大阪工業大学教授)、関係各位に多大な助言・指導を頂いた。ここに記して謝意を表す。

表-3 システムの表示内容と収録データ

分類	内容
エリア選択	各共同溝のエリアに移動・表示。
マップ表示	地図上に情報(リスクの存在)を表示。 属性データと連携し関連情報を検索。 ①点検情報(判定ランク)、施設情報 ②施設劣化リスク(損傷度評価結果、損集箇所数) ③地震リスク(想定地震動、液状化危険度など) ④地盤情報(地層分布、旧地形・河道、活断層)
属性・整理データ表示	共同溝の施設情報や本研究の検討成果などの属性・整理データを表示。 ①施設情報、共同溝台帳 ②点検情報 ③損傷箇所の集約情報 ④損傷度評価情報 ⑤地盤環境の解説・集約情報 ⑥地盤モデル ⑦液状化予測など

参考文献

- 1) 山本浩司・内田穰：公共地下施設維持管理システムの構築に関する研究、平成23年度近畿地方整備局研究発表会
- 2) 研究報告書「公共地下施設(特に共同溝)の今後の維持管理システムの構築に向けた提言」、公共地下施設維持管理システム研究委員会、24p, 2014.3
- 3) 近畿地方整備局 大阪国道事務所：共同溝施設データ、共同溝点検データ
- 4) KG-NET・関西圏地盤情報協議会：関西圏地盤情報データベース



デュアルスクリーン(左:メニュー・操作画面, 右:マップ画面)

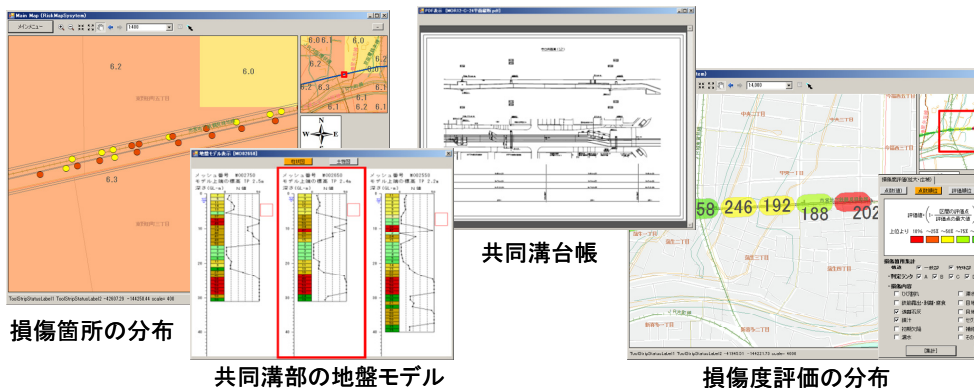


図-6 システムの画面構成