

改良・進化を続ける設計審査支援システム について～設計不具合ゼロを目指して～

酒井せいや¹・川井諒一²・曾我恭匡²

¹ (一財) 阪神高速先進技術研究所調査研究部

² 技術部技術推進室

要約

設計審査支援システムは、阪神高速道路構造物の設計に伴う不具合減少と業務効率化を目的として開発・構築されたシステムであり、今なお設計不具合ゼロを目指して改良・進化を続けている。本稿では設計審査支援システムの概要を記載するとともに、基準類へのアクセスを容易にするための目次構造化処理、説明会実施、動画コンテンツの作成といった利用拡大に向けた取り組みや、社外アクセス環境整備、他システムとの連携等、今後の開発の方向性についても示す。

キーワード: 設計審査支援システム, 設計不具合, 業務効率化, RPA, アジャイル開発

1. はじめに

近年、土木構造物における技術基準の高度化、細分化、さらにはベテラン技術者の引退と技術者の担い手不足による技術者側の経験不足、技術継承の機会減少などにより、設計に関する不具合が散見されるようになってきている。これを受けて、阪神高速では設計不具合改善検討会を立ち上げて、設計品質の向上を図った。その中で、受注者・発注者間における不具合事例に関する情報共有が不可欠であることを認識し、2012年に166の不具合事例を記載した「設計不具合の防ぎ方」を発刊したが、依然として同様の不具合が報告されるなど、設計不具合に関する情報が有効に活用されていない現状がある。このような現状を受け、蓄積された設計不具合のデータをテキストマイニングで分析した。テキストマイニングとは、文章を単語や文節で区切り、それらの出現頻度・傾向や共出現の相関、時系列などを解析し、有用な情報を取り出す分析方法である。その結果、影響度の大きい不具合は設計業務の初期段階に発生している可能性があることが確認された。この要因を明らかにするため、設計担当者にアンケート調査を実施したところ、設計条件を確認する際、基準のどこに何が記載されているかが分からない、資料に到達できない、資料の抽出に時間を要するといった意見が得られた。これらの意見から確認不足のまま設定された条件が不具合を引き起こす原因となっていることが判明した。また、2019年4月より「働き方改革関連法」が施行され、業務効率化が求められて

いる。これらのことから、必要な情報を必要な時にすばやく確認することができれば設計不具合の減少、業務効率化に繋がるのではないかと考えられ、設計審査支援システムの開発に至った。

設計審査支援システムは今なお利用者のニーズ、意見を収集することで進化を続けており、「熟練者のように指摘してくれる AI」と「情報共有・合意形成を実現するデジタル空間」の実現による設計不具合撲滅と業務効率化を目指している。本システムの改良・改善を重ねていくことは、阪神高速グループビジョン 2030における「最高の安全と安心を提供する阪神高速」の実現に資するものであると考える。

2. 設計審査支援システムのシステム概要

(1) 設計審査支援システムの開発方式

本システムはアジャイル開発方式を用いて開発している。アジャイル開発とは短い期間で開発サイクルを区切り、計画、設計、実装、テストといった工程の開発サイクルを繰り返すことで開発を進める開発方式である。開発対象の機能は各開発サイクルごとに決定し、複数回の開発サイクルに一度、本番環境にリリースを行う。そのため、開発中の機能変更や、受注者側の意見を取り入れた柔軟な開発が可能である上、リリースのタイミングで実際に動作するシステムが利用可能になる。しかし、開発当初の時点で開発スケジュールを詳細に決めないため、スケ

ジュール・コストなどの検討が難しい。また、開発内容によっては、当初計画していたスケジュール・コストで開発が進まなくなるケースもある。それに対して、従来のシステム開発で多く用いられていたウォーターフォール開発は企画・設計段階で開発対象を明確化し、その後、実装・テストといった工程で進められる。そのため、スケジュール・コストなどの定義や、進捗・品質管理などが容易である。しかし、全工程が終了するまで開発したシステムが使用可能にならない、設計段階で一度決定された機能に関してはその後の過程で変更が行いにくいなどの欠点がある。

設計審査支援システムの構築作業は2週間を1つの開発サイクルとし、開発サイクル初日にそのサイクル内で扱う要件について取り決め、1つの開発サイクル最終日に成果について評価を行う形式で推進している。また、複数回の開発サイクルに1度、検証環境・本番環境へリリースを行い、短期間での開発、評価、利用者からのフィードバックによる改善を繰り返し行いながら作業を推進している。

(2) 設計審査支援システムの機能概要

設計審査支援システムのメイン画面は図-1のように「Request Area」、「Result Area」、「Suggestion Area」の3つの画面パートで構成されている。各パートの具体的な機能は以下に示す。

a) 情報検索・抽出機能

設計審査支援システムは直感的かつ迅速に必要な各データにアクセスすることができるシステムである。「Request Area」にキーボードもしくは音声により図-2のように対話形式で検索条件を入力すると、「Result Area」に図-3に示すような検索結果が一覧で表示される。条件の絞り込みは対話形式だけでなく、マウス操作でも行うことができる。また、確認したい構造物が明確になっている場合は「Request Area」ではなく、路線別検索機能からダイレクトに構造物の詳細情報を確認することが可能である。

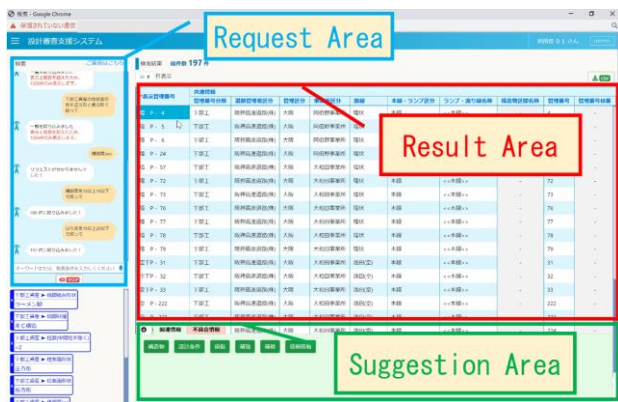


図-1 設計審査支援システムメイン画面

b) サジェスト機能

サジェスト機能は検索条件から類似・関連事象を分析し、利用者に「気づき」を与えることによる設計不具合の減少・業務効率化を目的として構築された。検索結果の表示管理番号をクリックすると、検索結果に紐づいた詳細・関連情報や、不具合情報が「Suggestion Area」に表示される。確認できる詳細・関連情報は、資産情報、設計条件、損傷情報、耐震補強情報、技術資料目次である。不具合情報は「共通の不具合情報」と「構造物起因の不具合情報」の2つに分類され、それぞれに対してさらに「発生頻度」と「影響度」に細分化される。(図-4)

図-4中の不具合分類とリスク分類の右側に表示されている数字はそれぞれの紐づき件数を意味しており、クリックすると関連する不具合情報が表示される。サジェスト機能によって、最適なタイミングで検索結果に基づいた関連情報などが提供されるため、利用者に「気づき」を与えることができる。

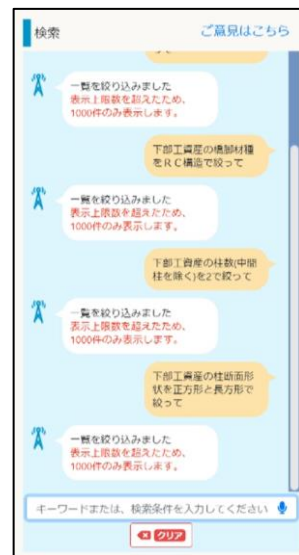


図-2 対話形式による情報検索画面

検索結果	不具合情報	発生頻度	影響度
第 P-1	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-2	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-3	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-4	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-5	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-6	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-7	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-8	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-9	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-10	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-11	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-12	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-13	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-14	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-15	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-16	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-17	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-18	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-19	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-20	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-21	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-22	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-23	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-24	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-25	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-26	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-27	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-28	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-29	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-30	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-31	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-32	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-33	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-34	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-35	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-36	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-37	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-38	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-39	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-40	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-41	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-42	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-43	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-44	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-45	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-46	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-47	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-48	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-49	下部工員層の構造詳細	4	4
第 P-50	下部工員層の構造詳細	4	4

図-3 検索結果画面

大 影響 度 小	共通の不具合			構造物起因の不具合		
	偶発的リスク	重要リスク	低リスク	偶発的リスク	重要リスク	低リスク
発生頻度 少	6	3	0	0	0	0
発生頻度 多	0	4	1	0	0	1

図-4 不具合情報サジェスト画面

図-5 設計基準登録画面

図-6 不具合情報登録画面

図-7 不具合情報紐づけ画面

表-1 設計審査支援システム内蓄積データ

設計審査支援システム内データ
・設計基準 ※一部
・構造物データ(資産情報)
・保全情報(損傷・補修)
・技術情報(工事誌等)
・設計条件 ※まず5号湾岸線西伸部での利用を想定し、 5号湾岸線を対象に設計条件を構造物データ化
・不具合情報
・根拠資料
・上部構造耐震一覧表
・地質情報(ボーリングデータ)
・補強情報

c) 設計条件・不具合情報登録機能

設計審査支援システムは情報の検索・抽出や検索結果に関するサジェスト情報の確認が可能だけでなく、設計条件や不具合情報をデータベースに登録することも可能である。設計不具合を減少させるためには、随時最新情報を蓄積することが重要である。

まず、設計条件登録機能は、図-5に示すような画面にて、設計条件やその根拠となる設計基準を紐づけたり、添付ファイルや設計条件が確定するまでの変更履歴等を登録することができる。また、一部項目に関しては、テキスト・数値情報だけでなく、画像情報を入力することも可能である。本機能により、最新の情報を共有することができ、現状の設計フローでは蓄積できていなかった変更に至る経緯や理由などの情報も蓄積されるため、設計ノウハウの伝承の一助となることや、利用者の情報調査の短縮化が期待できる。2022年4月時点では一般的な橋梁の設計条件のみに対応している。

次に、不具合情報登録機能は、図-6に示すような画面にて不具合内容、対策、影響度、発生頻度、フィードバック事項等を登録することができる。不具合情報は阪神高速グループの設計担当者が登録し、阪神高速のシステム管理者が内容を精査し確定することで提供情報の検索を可能とする仕様としている。また、図-7に示すような画面にてサジェスト情報との紐づけを行うことも可能である。

(3) 設計審査支援システムから検索可能なデータ

現在、設計審査支援システムから検索できるデータを表-1に示す。利用者の検索時の負担を少しでも減らすためには、設計審査支援システム内で多くの情報が蓄積されていることが望ましい。

3. 設計審査支援システム利用拡大に向けて

設計審査支援システム内で多くの充実した情報を得ることができると、非常に利便性の良いシステムとなり、利用拡大に繋がると考えられる。そのため、

阪神高速が所持している基準類へ設計審査支援システムからのアクセスを容易にするため、目次構造化処理を行った。また、利用拡大に向けては、システム面での機能追加や改良を行うだけでなく、利用者への周知活動も重要であると考え、説明会の実施や動画コンテンツの作成も行った。

(1) 目次構造化について

阪神高速は多くの設計基準や指針・要領・マニュアル類を保有しており、それらは DASH（阪神高速ファイルサーバー）に蓄積されている。設計審査支援システムから DASH に蓄積されている最新の基準類へのアクセスを可能にするため、目次の構造化データの作成を行った。

a) 対象項目

今回新たに、日本道路協会の基準 7 文書、阪神高速の基準・マニュアル類 141 文書に対して目次構造化処理を行った。上記目次の発刊元、基準名、発刊年次、目次とこれらから生成される基準管理番号とした。阪神高速が発刊している基準類については検索時に所定のページに移行させるため、各目次の PDF のページ情報を蓄積した。

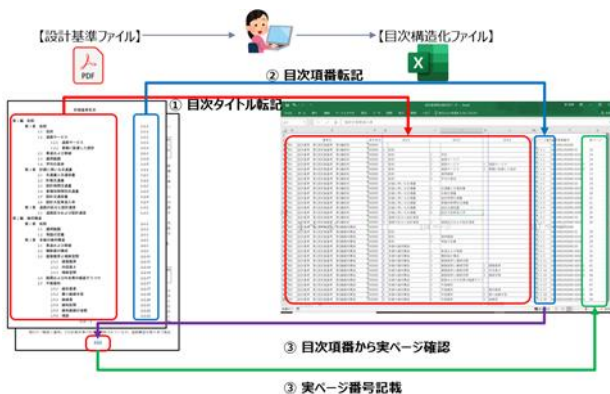


図-8 プログラムを用いた目次構造化作業内容

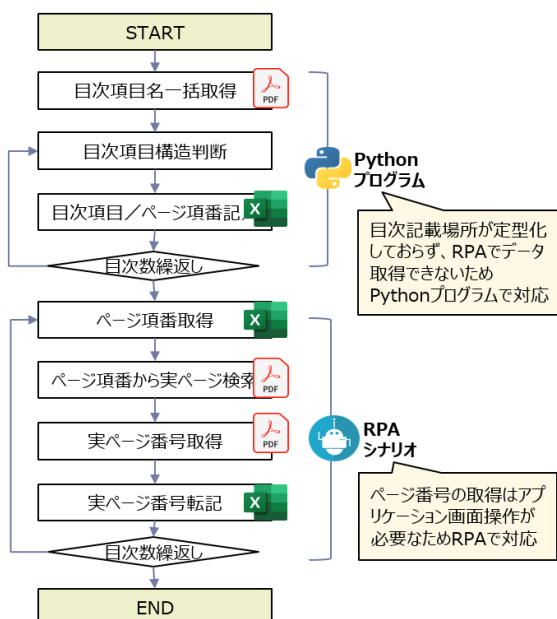


図-9 プログラムを用いた目次構造化作業フロー

b) 実施詳細

目次の PDF のページを蓄積する作業は単純作業かつ、非常に手間がかかる。これに対処するため、手作業だけでなく、プログラミング言語の「Python」や RPA ツール「Winactor」を用いて、PDF 内の文字認識が可能な基準類に対して、効率良く作業を行った。RPA ツールとは人間が手作業で行っているルールが決まっており反復性のある業務を、ロボットで自動化することができるツールである。今回用いた RPA ツール「Winactor」はビジュアル的にプログラミングを行うことができ、プログラミングに関する深い知識や技能が無くても簡単に扱うことができることが特徴である。

今回、プログラムを用いて処理を行った作業内容詳細を図-8 に、処理フローを図-9 に示す。

RPA を用いて作業を行ったことによるメリットについてであるが、マウス操作やキーボード操作等の人間が行った操作を記録し、そのままロボットが再現するので、業務効率化に繋がった。加えて、RPA は決められた動作決められた順序で行うので、人間が作業を行う場合と違って、ケアレスミスが発生しない。

(2) その他の利用拡大に向けた実施工程

a) 説明会実施

設計審査支援システムの利用促進に向け、設計審査支援システムの開発趣旨・システム概要の説明、基本的な操作説明等を行った。システムに対する幅広い意見を収集することができた。質疑応答も含めて 90 分程度の説明会とし、計 5 回実施した。説明会の実施日と説明対象とした組織を表-2 に示す。

表-2 説明会の実施日と説明対象組織

実施日	説明対象組織
2021年1月14日 16:00~17:30	阪神高速道路(株) 大阪建設部 設計課
2021年1月15日 10:00~12:00	阪神高速道路(株) 管理本部 大阪保全部 改築更新事業課
2021年1月19日 16:00~17:30	阪神高速道路(株) 神戸建設部 技術統括課 湾岸西伸第一・ 第二建設事務所
2021年1月25日 10:30~12:00	阪神高速道路(株) 管理本部 保全技術課
2021年1月16日 10:00~12:00	阪神高速技研(株) 技術部設計課

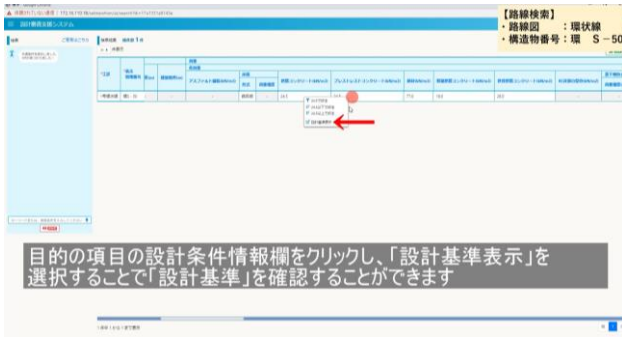


図-10 動画コンテンツ例

表-3 動画コンテンツ作成シーン

シーン番号	動画内容
①	設計審査支援システムの開発の目的や特徴、主要機能等
②	新人技術者の利用を想定した類似構造物の検索・抽出操作方法的説明
③	熟練技術者の利用を想定した類似構造物の検索・抽出方法的説明
④	検索・抽出した構造物に関連する損傷情報・不具合事例情報の確認方法について説明
⑤	新たな不具合事例情報の登録、及び新たに登録された不具合事例情報の参照等、不具合事例情報に関する利用者権限機能についての操作方法説明
⑥	利用者から登録された不具合事例情報の評価及び構造物への紐付け等、不具合事例情報に関する管理者権限機能の操作方法説明

b) 動画コンテンツ作成

設計審査支援システムの利用促進のため、利用者が操作方法について視覚的に理解できるよう活用シーンを想定し、図-10 に示すような動画コンテンツを作成した。動画コンテンツは実際の操作画面に字幕や AI 音声による説明を加えている。実務としての利用を想定し、具体的な作成シーンは表-3 の通りとした。

4. 今後の開発の方向性

(1) 設計審査支援システムの課題

2022年4月時点で、設計審査支援システムのデータベースに網羅的にデータを組込んではいないが、COSMOS（阪神高速地理空間情報システム）や DASH との直接的な連携には至っておらず、各システムから手動による情報の抽出、本システムへの取込が必要である。また、本開発において構築した設



図-11 設計審査支援システムの今後について

計条件の登録機能については、阪神高速道路グループの社員に加えて社外コンサルやゼネコンなども入力できることが望ましい。その他、登録可能な設計条件は、一般的な新設橋梁の設計を対象としており、橋梁の中でも長大橋といった特殊橋梁、トンネル等の地下構造物、維持管理フェーズにおける補修や補強設計への対応は出来ていない。

(2) 設計審査支援システムの開発の方向性

(1)で示した課題を解決するため、現時点では以下のような改良を検討している。まず、COSMOSやDASHとの直接的な連携を行うことにより、情報の網羅性を向上させる。また、社外コンサルやゼネコンなどの外部からのアクセス環境を整備することについても検討している。外部からのアクセスが可能になると、受注者が設計条件を登録することで、情報のやり取りが明確となるので、設計不具合の防止に大きく繋がるとと思われる。登録可能な設計条件に関しても、特殊橋梁、地下構造物、補修・補強設計などへの対応を行い、更なる設計不具合の減少に繋げたい。

また、設計審査支援システムは利用者の意見を反映することで、今なお進化し続けているシステムである。設計審査支援システムの「Request Area」右上近くに「ご意見はこちら」というボタンがあり、このボタンから手軽にフィードバックを送ることができる。加えて、ヒアリングなども行い、積極的なニーズ収集に努めている。

前述した現状の課題を元にした改良だけでなく、利用者からの意見も踏まえ検討を行った今後の開発の方向性を図-11 に示す。今後、更なる設計不具合の減少と業務効率化を目指し、尽力していく。

参考文献

- 1) 伊佐政晃, 茂呂拓実, 金治英貞: 阪神高速サイバーインフラマネジメントの取り組みと価値創造の可能性, AI・データサイエンス論文集 1巻 J1号, p.252-260, 2020.
- 2) 日経 BP 社: 設計不具合の防ぎ方, 2017.