

○ 金谷文明^{*1}, 正 員 和泉繁^{*2}, 正 員 新井伸博^{*3}

by Fumiaki Kanaya, Shigeru Izumi, Nobuhiro Arai

【抄録】阪神淡路大震災を契機とした耐震設計の高度化に伴い、設計現場では取り扱う設計データ量が膨大となり、設計内容も複雑化する状況にある。本報告では、設計情報の変化に迅速に対応し、設計データを共有するシステムとして、表計算ソフトを利用した耐震設計支援ツールの紹介を行った。本支援ツールの構築により、新規に大がかりなシステムを作るのではなく、既存の設計ツール、表計算ソフト及びデータベースを組み合わせ、柔軟なシステムを作っていくことも効率的な手段であることが確認できた。

【キーワード】設計計算システム、情報の共有化、システム設計

1. はじめに

平成7年1月に発生した兵庫県南部地震は、各種構造物に多大な被害を与えた。それに伴い、平成7年2月に「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様（復旧仕様）」が建設省より通知された。また、平成8年12月には、道路橋示方書・同解説（以下、道路橋示方書）も日本道路協会より発刊された。

改訂された道路橋示方書では、中規模地震動に対する震度法に加え、兵庫県南部地震クラスの大地震を想定した地震時保有水平耐力法や動的解析の検討が加わった。その結果、橋梁の解析・設計作業は、高度化、複雑化し設計担当者への負担も増加する状況にある。さらに、建設 CALS/EC 対応を背景とし成果品形態やデータの仕様（デジタル化による情報の高度化）も複雑になる要因と考えられる。

設計作業は、条件整理及び基本計画、各種の設計計算、設計図面作成、数量計算、報告書作成の流れで実施される。各作業は一般に、市販のソフトを組み合わせて使用するため、手作業によるデータの再入力や加工が必要となり、その結果、データの再入力に伴うヒューマンエラーが発生する。この問題はかねてより指摘されており、設計品質の確保や生産性の向上の観点からもその解決が重要な課題である。

2. 高度化する耐震設計技術

これまでの耐震設計では、構造物の設計は弾性域を対象に行っていた（降伏しない状態）。これに対し、改定後の道路橋示方書では、塑性域に入ってから崩壊するまでのプロセスを見ながらの設計（損傷を受けてもいいが崩壊しない状態）を行うことが必要であり、耐震設計の流れと設計データの関係は、複雑で一義的に固定ができず、数度の収束計算を必要とする。

また、地震時の挙動が複雑な橋梁（振動モードが2種類以上ある場合、振動モードが地震時保有水平耐力法で想定する振動モードと著しく異なる場合等）などについては、実現象に近い応答を把握するために動的解析による照査や設計が義務づけられた。

このような耐震設計を行う際に利用するシステムは、市販品を含め数多く存在するが、設計データが相互に関係し、繰り返し計算が多いためほとんどが設計の流れに沿って活用できない状況にある。このため、耐震設計の流れを情報（設計データ）の観点から整理し、繰り返し利用できるデータを共有することは、設計作業の精度向上や省力化に不可欠である。

設計計算例として、地震時反力分散構造と支承設計に係わる設計の流れを図-1に示す。

3. 設計者から求められるシステム

前述のように、耐震設計は複雑な繰り返し計算が

^{*1,*3} 所 属：大日本コンサルタント株式会社企画本部情報企画部情報技術開発室

連絡先：〒343-0851 埼玉県越谷市七左町 5-1, TEL：0489-88-8116, FAX：0489-86-3129

^{*2} 所 属：大日本コンサルタント株式会社技術本部技術管理室

連絡先：〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1, TEL：03-5394-7616, FAX：03-5394-7606

多く、橋梁を形成する部材の形状を決定するには目的に応じた設計ソフト及びツールの利用が避けられない。しかし、それぞれの形状を決定するまでには手作業によるデータの再入力や加工が必要であり、多くの労力と時間を必要とするばかりか、ミスの発生原因となる。

このため、膨大な入出力データの整理や表現方法などに、柔軟に対応できるシステムが求められる。設計を支援するツールを構築する際には、利用目的（何のために）と活用手段（どの様に使わせるか）、それによる効果を具体的に示すことが重要である。

実際にシステムを作成し、設計作業に導入した事例を以下に報告する。

4. 分散ゴム支承検討システムの事例

4. 1表計算ソフトを活用することの利点

表計算ソフトを活用することの利点には、以下の4点があると考えられる。

- ①加工、修正が可能である。
- ②修正ミスが減る。
- ③変更が容易である。
- ④開発時間の短縮

①では、表計算ソフトを利用したツールは、出力部に表計算を使用しているため、表計算ソフトを使用したことがある人ならば、出力データを柔軟に利用できる。そのため、システムで対応していない形式などにも適応が可能である。

②では、以前は、一度作成したものを修正して使用していたが、作成した人でないと未修整部分や修正ミスが発生する。しかし、本システムでは、入力項目シート等を作成することにより、修正ミスを防止することができる。

③では、表計算ソフトを利用したシステムは、完全なプログラム単位として構築されておらず、オープン環境でのカスタマイズが可能である。このため、表計算をある程度理解している人なら基準等が変わっても変更に関する素速い対応が可能である。

④では、表計算ソフトを利用したシステムは、市販されているような専門のプログラム知識を知っている必要がない。また、印刷時のレイアウトなどは、表計算ソフトを利用するために容易である。

4. 2表計算ソフトを活用することの欠点

表計算ソフトを活用することは利点だけではなく欠点も多く存在する。表計算ソフトを活用する場合の欠点を以下に示す。

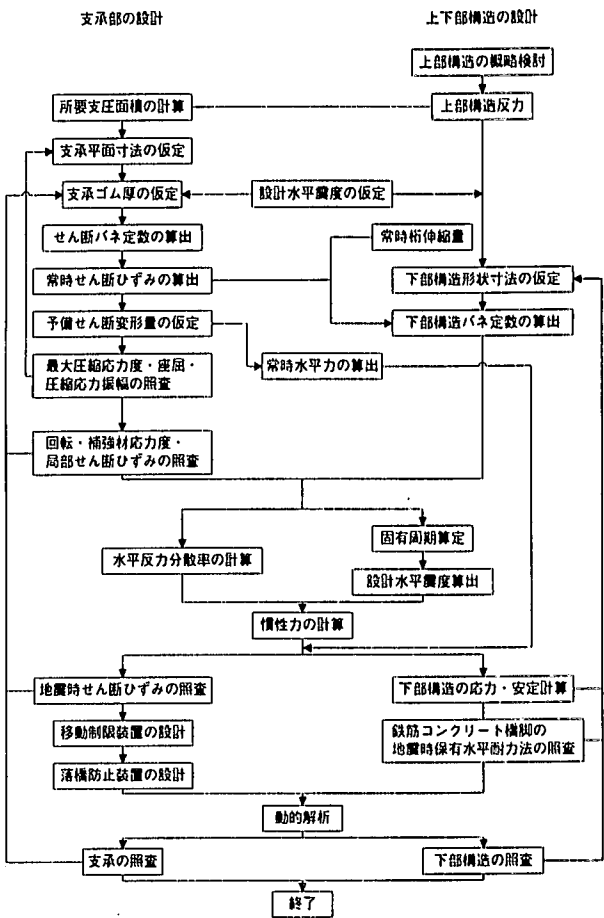


図-1 反力分散構造の設計フローチャート

- ①ファイルのサイズが大きくなる。
- ②プログラム修正時の信頼性に劣る。
- ③プログラムのセキュリティがない。

まず、①では、表計算ソフトのマクロは、プログラムを表計算ソフトに添付されるサイズと同じとなり、ファイルが大きくなる。

②では、プログラムを誰でも見ることができ、基準等の変更があった場合でも変更が容易である。しかし、その反面、間違った変更を行われる場合がある。それにより、間違った計算書ができあがる。

③では、②同様にプログラムを誰でも見ることができるが、その反面セキュリティが低くなる。

4. 3分散ゴム支承検討システムの概要

分散ゴム支承の選定・設計を支援するシステムを、日本道路協会「道路橋の耐震設計に関する資料」等を参考に作成した。分散ゴム支承検討システムの画面イメージを図-2に示す。

支承の形状が変わると固有周期等が変わる。固有周期が変わると下部工の形状が変わる。下部形状が変わると支承形状が変わる。下部工形状が変わると支承形状が変わるというように、支承、橋脚及び基礎それぞれが相互に関連し、それぞれが許容値を満

足するように繰り返し計算を行う必要がある。

分散ゴム支承検討システムは、一連の流れの中で繰り返し行われるゴム本体の検討を行い、支承形状を自動的に決定するものである。

分散ゴム支承検討システムで行っている設計の流れを図-3に示す。

4. 4効果

本論文で紹介した分散ゴム支承検討システムを日

常業務に利用することにより、以下の知見が得られた。

- (1) 従来、水平分散ゴム支承の設計は、市販ソフトもなく、繰り返し計算が多く多大な時間を費やしていた。本システムにより、分散ゴム支承の形状検討や設計の迅速化が図れた。
- (2) 設計ミスの減少以前は、一度作ったものを修正して使っていたが、修正ミス等があり、解析・設計

の誤設計があった。しかし、市販の設計プログラムと同様に基準、設計条件等を入力することにより設計できるため、ミスも減少し、成果品の品質向上を図ることができた。

5. 今後の展開

表計算ソフト（分散ゴム支承検討システム）を使用することにより、反力分散ゴム支承の設計、検討はスムーズに行えるようになった。しかし、今回作成したのは、既存の設計システムの流れを埋めるツールとしては一部であり、全体を完成す

るには多くの時間が必要である。

また、複雑になった設計をスムーズにミス無く行うには、共有するデータとしての設計データの整理を行いデータベース化を行う必要がある。著者は、この整理されたデータを共通データファイルと読んでいる。

橋梁設計における作業とデータの関連図を現在と共通データファイル導入後及び将来像について図-4に示す。

a) 基本条件入力画面イメージ

	せん断ひずみ			実圧圧縮	圧縮縦軸	縦圧	回転	地盤せん断ひずみ		
	常時	地震縦軸	地震横軸					常時	地震縦軸	地震横軸
A1	0.43	1.85	1.91	0.48	0.34	0.53	1.60	0.48	0.88	1.00
P1	0.31	2.16	2.17	0.69	0.64	0.26	1.14	0.48	0.88	0.95
P2	0.10	2.16	2.17	0.48	0.24	0.38	3.73	0.48	0.88	1.14
P3	0.10	2.16	2.17	0.48	0.24	0.38	3.73	0.48	0.88	1.14
P4	0.31	2.16	2.17	0.69	0.64	0.26	1.14	0.48	0.88	0.95
A2	0.43	1.85	1.91	0.48	0.34	0.53	1.60	0.48	0.88	1.00

(<0.70) (<2.60) (<2.50) (<1.0) (<1.0) (<1.0) (>1.0) (<1.00) (<1.00) (<1.00)

	Gs (rad/cm ²)	地震時の水平変位	
		横軸方向	縦軸方向
A1	295.8	0.266	0.264
P1	444.8	0.206	0.206
P2	610.8	0.208	0.208
P3	610.8	0.206	0.208
P4	444.8	0.208	0.206
A2	295.8	0.266	0.263

b) 計算結果画面イメージ

図-2 分散ゴム支承検討システムの画面イメージ

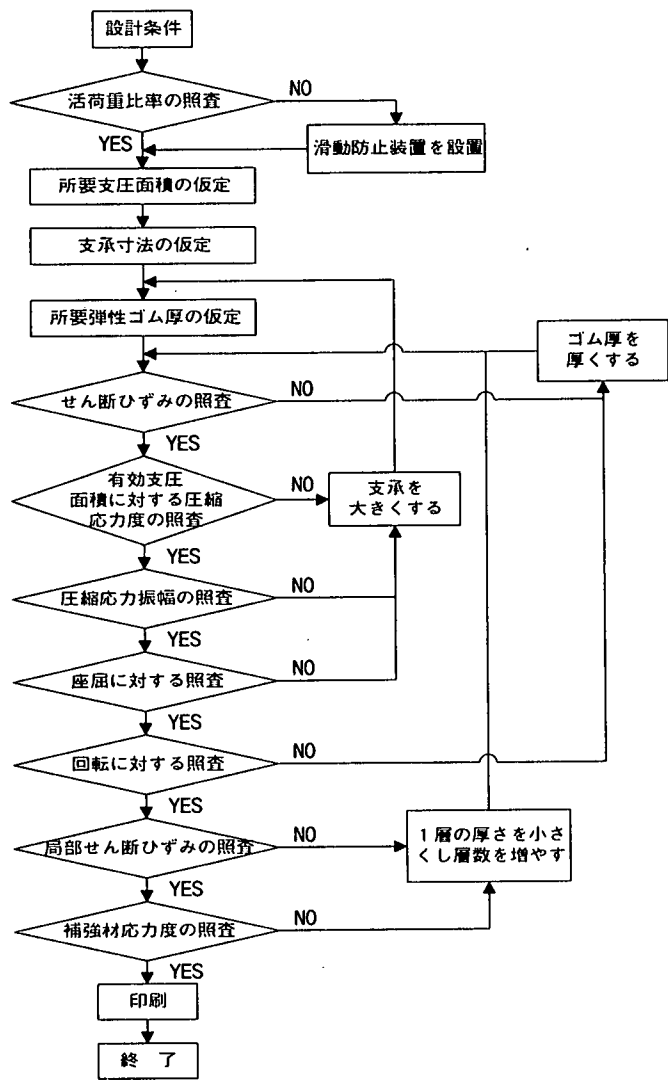


図-3 分散ゴム支承検討システムの設計フローチャート

6. おわりに

現在、建設省にて実証実験中の建設 CALS/EC でも情報を新たな成果品形態やデータの仕様（デジタル化など）で共有していくという試みが行われつつある。今後は、情報の共有化を目的に表計算ソフトを利用したシステム開発に取り組んでいく必要があると考えている。

最後に、本稿で紹介した表計算ソフトを利用したシステムの構築は、主に橋梁設計計算を中心に行っているが、このシステムは他の分野でも同じように活用できると考えられ、本報告がそのための参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 新井 伸博, 和泉 繁, 笹川 滋: 橋梁設計における共通データファイルの検討, 第 21 回土木情報システムシンポジウム講演集, PP33-36, 1996 年
- 2) 和泉 繁, 新井 伸博, 村松 義昭: 橋梁設計における情報共有の取り組み, 第 22 回土木情報システムシンポジウム講演集, PP235-238, 1996 年
- 3) 財団法人土木研究センター: 建設省道路橋の免震設計マニュアル(案)
- 4) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説
- 5) 社団法人日本道路協会: 道路橋の耐震設計に関する資料

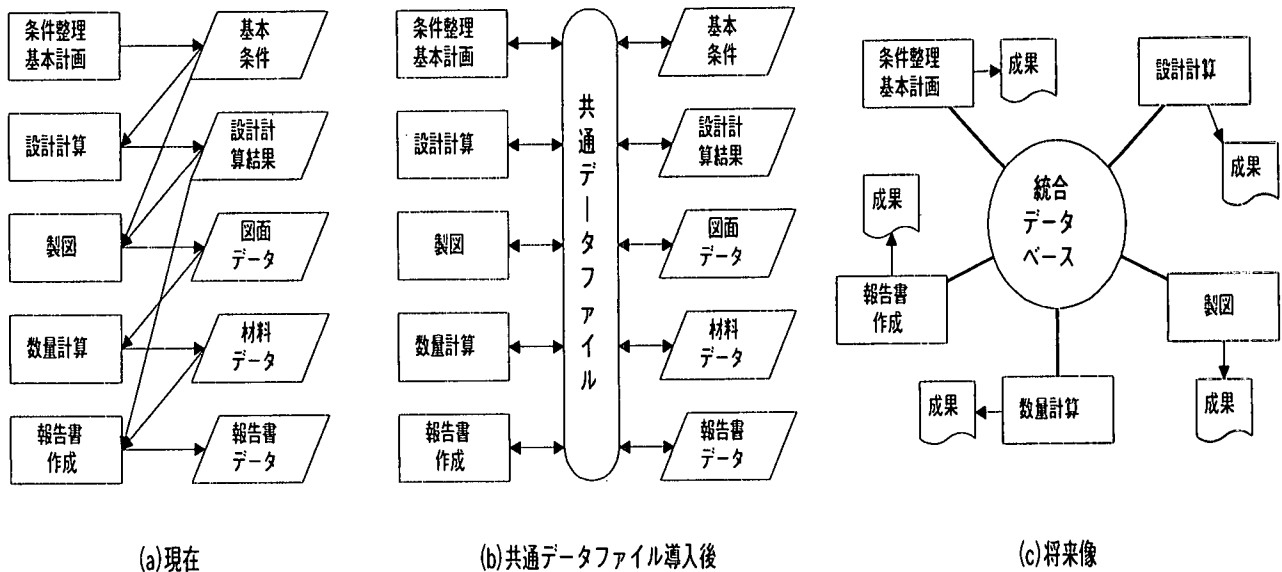


図-4 橋梁設計における作業とデータの関連図