

(15) 道路及び河川堤防の3次元設計データ交換標準の策定と運用

Development and use of the 3dimensional design data exchange standard for road and levee

青山憲明¹・井星裕貴²・重高浩一³・坂森計則⁴

Aoyama Noriaki, Iboshi Yuki, Shigetaka Koichi, and Sakamori Kazunori

抄録：国土技術政策総合研究所では、施工段階に活用できる道路や河川堤防の3次元プロダクトモデルに関する開発に取り組んでいる。道路及び河川堤防の3次元設計データ交換標準を策定した。本報告では、モデル策定の考え方及びモデルの有用性を述べるとともに、非常に柔軟性のあるモデルであることから、データ作成の負担軽減と3次元形状の正確な再現のための運用方法を示した。

キーワード：3次元プロダクトモデル、データ交換標準、道路、河川堤防

Keywords：three-dimensional product model, data exchange standard, road, levee

1. はじめに

ICTの急速な進展により、製造業などでは3次元CADによる設計・製造が進められており、品質及び生産性向上に寄与している。一方、建設業は、単品受注の現地生産、屋外での作業、工程毎の分業生産で行うという特性から、製造業に比べてICTの導入が遅れている。こうした中、情報化施工など、一部において始まっているが、今後は、施工段階に留まらず、調査、設計、施工、維持管理の建設プロセス全体に高度なICTを拡大させ、各段階で必要な情報が利用できるようにしていくことが重要である。特に、一度作成した3次元データをフェーズを跨いで活用することが、3次元化技術の普及のポイントである。

国土技術政策総合研究所では、施工段階に活用できる道路や河川堤防の3次元プロダクトモデルに関する開発に取り組んでいる。道路及び河川堤防の3次元設計データ交換標準を策定した。本報告では、モデル策定の考え方と運用について述べる。

をもつCADソフトでは全体の3次元形状の自動修正が可能となる。このため、3次元プロダクトモデルは、設計や設計変更の効率化につながると考えられる。

すでに、平面線形と縦断線形を合わせた3次元中心線形の交換標準を策定し、道路中心線形データ交換標準³⁾が策定されている。

横断形状のモデル化に関しては、土工部のTS出来形管理のシステムに搭載する基本設計データを含む標準として、TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案)⁴⁾(以下、TS出来形管理データ交換標準)が策定されている。TS出来形管理データ交換標準では、設計断面を定義する基本設計データに、LandXML⁵⁾／CrossSectを拡張したモデルを利用している(本文では、断面定義パターンという。図-2上参照)。

また、国土技術政策総合研究所では、LandXML／GradeModelを拡張したモデル(スケルトンスキーマ(Skeleton-schema)と呼んでいる)を提案し、研究成果を発表し

2. 道路形状データ交換標準

すでに、道路横断形状データ交換標準については、すでに詳しく報告している^{1) 2)}ところであるが、本論を理解する上で重要であるので簡単に述べる。図-1に示すように、道路の土工区間の3次元形状は、道路中心線に対して、直交する方向の横断形状を規定することで再現できる。平面線形及び縦断線形とも、パラメトリックな設計データを基にモデル化できる。横断形状要素も、横断構成要素の幅員、勾配、比高等のパラメトリックな設計データを基に形状をモデル化することができる。このような道路設計データを利用した3次元プロダクトモデルを作成すると、一部の設計パラメータを修正することで、オブジェクト指向

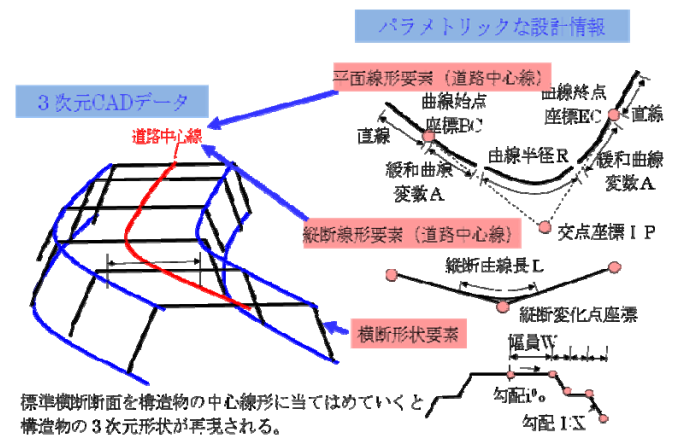


図-1 道路の3次元プロダクトモデル

1：正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地, Tel: 029-864-7476, E-mail: aoyama-n92qr@nilim.go.jp)
 2：非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室
 3：正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室
 4：正会員 日本工営(株) 社会システム事業部

ている⁶⁾。スケルトンスキーマの概要、特に LandXML/GradeModel を拡張した部分(本文では要素定義パターンという)の考え方について、以下に述べる。

- LandXML/GradeModel を参考にモデルを拡張
- 道路構成要素を左右に分ける基準線に幅員中心を採用。幅員中心を横断構成要素の位置の基準とすることで、暫定2車線のように平面線形が道路中心にない場合での道路面のデータ作成を容易となる
- わが国の道路設計の考え方を反映し、切土・盛土法面の勾配に 1:X を勾配を適用。さらに、切土・盛土法面の勾配タイプに、比高と勾配の組み合わせタイプを追加
- データ入力が簡易にするため、設計の考え方を表す標準横断面をモデル化(標準横断の適用区間は、形状変化区間の設定が不必要)

以上が概要であるが、スケルトンスキーマの基になった LandXML/GradeModel は、**図-2下**に示すように道路横断構成要素の幅員や比高、勾配が変化する箇所でデータを作成すれば3次元形状が再現できるので、少ないデータ数で3次元化できる合理的なモデルである。スケルトンスキーマは、少ないデータで3次元形状が再現でき、また設計思想を含むデータ(設計の考え方を示す標準横断情報)が入っているので、設計や設計変更時のデータ作成作業が軽減できる。

このため、わが国での道路設計に適したスケルトンスキーマの利用を考えて、要素定義パターンについて先行するTS出来形管理データ交換標準データへの変換を円滑化するための検討を実施した。以下に、スケルトンスキーマから見直した主な内容を示す。

- 形状変化点の定義に当たって、形状が変化する区間を細かく区切らなくても良いように、形状変化点位置での幅員、勾配、比高を入力するだけのモデルとした。

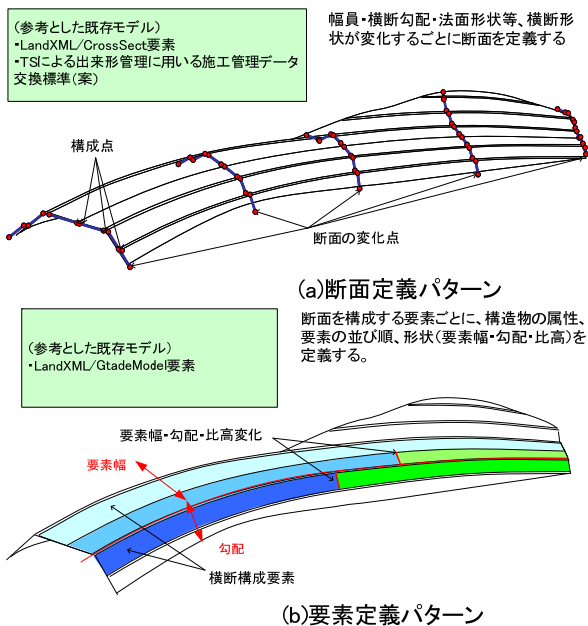


図-2 断面定義パターンと要素定義パターンのイメージ

- 道路面と切土・盛土法面を独立してモデル化していたが、TS出来形管理データ交換標準と同様に道路面と切土・盛土法面が一体化したモデルのほうが扱いやすく、道路面から法面を連続して作成する構成要素に変更した。
- TS出来形管理データ交換標準の「構成点コード」への変換を容易にするために、構成点コードと等価なデータとして、「横断構成要素の中に「構成要素名称(name)」を追加した。
- 地形データについてLandXMLのSurfaces要素を用いたTINモデルを採用していたが、管理断面を対象とした横断測量など横断図の地形データを取り込みやすくするために、地形情報は横断データとして定義するように変更した。なお、今後、地形を対象としたデータ交換標準が策定されれば、TINモデルとの連携なども考慮する。

また、設計段階でのデータを作成するソフトウェアは、TS出来形管理データ交換標準に対応するソフトウェアも多いことから、TS出来形管理データ交換標準の基本設計データ(断面定義パターン)に、道路完成形状の横断構成要素(中央帯、車道、側帯、路肩、歩道等)を追加したことにした。

以上の検討をもとに、道路形状データ交換標準を策定した。このなかで、要素定義パターンと断面定義パターンの両方のモデルを入れたが、どちらを利用するかは運用で決定することにした。

2. 舗装形状データ交換標準

舗装における情報化施工に対応するモデルを検討した。

LandXML1.0では、舗装が表現できる明確なモデルが存在しなかったが、LandXML1.1では、DesignCrossSectionSurf要素に、舗装も表現できるモデルが追加されている。しかし、これは断面を定義するモデルであり、LandXML/GradeModelには舗装を表現できるモデルは存在しない。このため、少ないデータ数で3次元形状が表現できるLandXML/GradeModelに相当するモデルを検討し、検討したモデルはスケルトンスキーマの中で提案している。その概要は、以下のとおりである(図-3参照)。

- LandXML/GradeModel を参考にモデルを拡張
- 舗装の各層の上面の形状をモデル化する
- 舗装は道路面の横断構成要素に関連づけて、位置を規定する。すなわち、舗装の横断形状は、横断構成要素の外側端点(例えば、幅員中心、路肩端等)を基準として、そこからの離れによって舗装左右端の位置を規定する。
- 各層上面の高さは、舗装構成層の各層の厚さから求める。
- 各層上面の勾配は、道路面の横断勾配、縦断勾配を取得する。

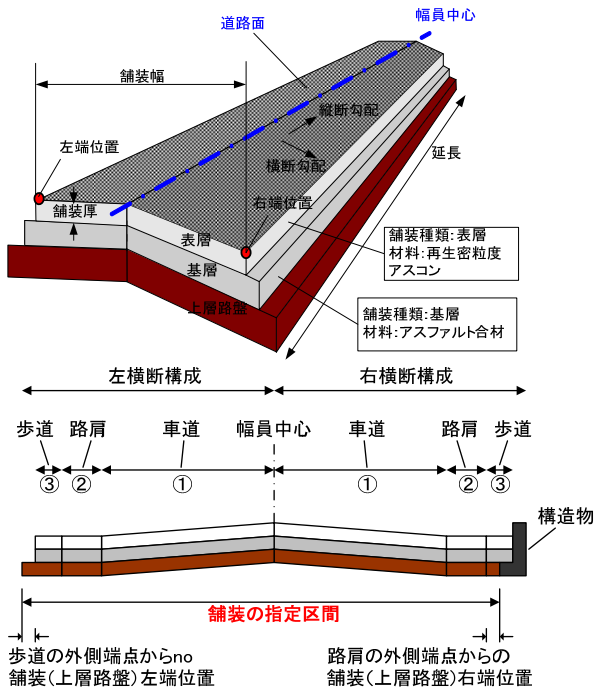


図-3 要素定義パターンによる舗装形状のモデル化

上記の概要でわかるように、特徴は、舗装幅が変化する箇所を断面変化点に設定するのではなく、道路面の横断構成要素からの離れが変化した箇所を断面変化点に設定したことである。これは、舗装と道路横断構成(車道、路肩等)は密接に関係し、道路横断構成の幅が変化する舗装幅も同様に变化する。このため、道路構成要素の幅員変化データを取得すれば舗装幅のデータ入力が必要が無くなる。一方、道路横断構成要素の端点と舗装端の離れの変化する度合いは圧倒的に少ないため、これを断面変化点とみなしたモデル化は、データ入力の軽減でメリットがある。また、実際の工事では、舗装端の位置は側溝等との構造物との接続で決まる場合が多く、舗装幅が絶対ではないことも理由の一つである。

舗装の断面を定義するモデルに関しては、TS出来形管理データ交換標準と同様に横断面をモデル化し、断面形状を構成点で表現し、構成点は幅員中心からの要素の並びと各要素の幅員、勾配、比高の組み合わせで求めるモデルである。TS出来形管理データ交換標準に対し、要素種別に舗装を加えるとともに、属性に舗装種類、材料を加えることで、舗装設計に必要な断面定義としている。

4. 河川堤防形状データ交換標準

河川設計専用の CAD は希少であり、河川設計に用いられる CAD ソフトは、ほとんどが汎用 CAD および道路設計専用の CAD を流用して対応しているのが現状である。このため、河川堤防の3次元モデルは、道路形状データ交換標準を基に作成するものとした。基本的には、道路形状データのモデルを河川堤防に読み替える方針とした。以下に、

河川堤防形状データ交換標準の概要を示す。

道路では道路中心線が設置基準線となるが、河川堤防は堤防法線を設置基準線とした。また、道路では横断構成を左右に分けるための基準として幅員中心を定義したが、河川では幅員中心を設定する必要が無く、堤防法線を左右に分ける基準とした。

また、河川堤防の左右横断構成の考え方を道路とは異なる河川堤防特有のものとした。すなわち、道路とは異なり、河川堤防では「川表」、「川裏」という呼び名で左右に分けている。さらに、横断図の記載方法も、始点(下流側)から終点(上流側)に向かって見た断面を記載するのではなく、上流から下流に向かって見た断面を記載する。このため、左右別に横断面を分ける方法では、思わぬミスが生じる可能性がある。そこで、堤防法線を挟んで川表、川裏に分けることにした。道路との読替は、河川堤防では堤防法線に対して川表側を左横断構成「LComposition」、川裏側を右横断構成「RComposition」として運用する。川表が堤防法線の下流から上流に向かって見た場合の左右どちらにあるかは、左右岸区分を設定する属性によって判断する。

さらに、横断構成要素も、堤防構成要素である堤防天端、法面、小段を設定する。

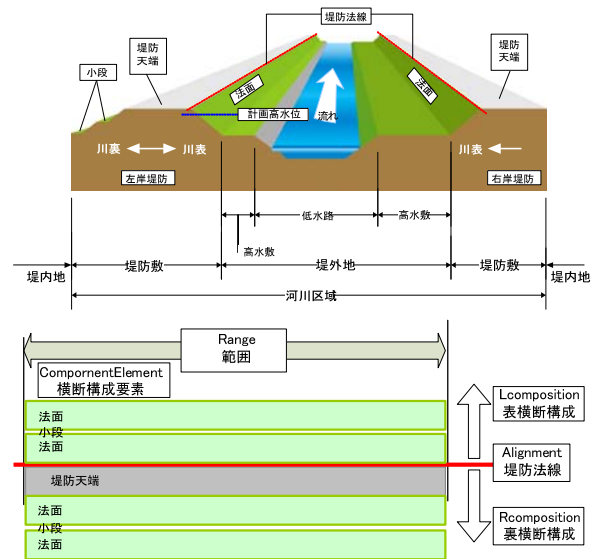


図-4 要素定義パターンによる河川堤防のモデル化

5. データ交換標準の運用

道路形状データ交換標準、河川堤防形状データ交換標準とも、シンプルなデータ構造であるが、運用によって柔軟なデータ作成が可能なモデルとなっている。運用について、以下の内容を検討した。

- ① 要素定義パターンの要素を定義する範囲の設定
- ② 法面が多段に発生する場合のデータ作成

③ 形状変化点が滑らかな形状で漸次移行しない場合の対応

最初に、①について述べる。要素定義パターンでは、要素を定義する範囲を設定する。LandXML/GradeModelでは、構成要素が発生・消滅する箇所では要素範囲を区分することが一般的であるが、道路面と盛土・切土が一体としたモデルにしたことから、構成要素の発生・消滅が頻繁に発生し、その都度要素を区切るのでは効率的なデータ作成にならない。LandXML/GradeModelからの拡張の理由のひとつに、データ入力の負担軽減があるので、構成要素の発生・消滅に依らず、設定範囲を設定できるようにすることが重要である。このため、要素を定義する範囲で最大要素数でデータを作成しておき、要素が発生しないところは幅員又は比高が0で連続するものとして、範囲を区切らない方法を選択できるようにする。

次に、②について述べる。法面が多段に発生する場合は、どの位置で段数が増えるかを求める必要がある。ただし、設計段階では、詳細な3次元地形データの取得が難しく、地形とのすり付けから正確に段数変化位置を求めることができない。このため、最終的には施工段階での工事測量から地形交点を確定することになるが、

- ・ 施工段階でのデータ修正を容易にするために、法面の段数が増える位置の各段の法面の開始点、終了点を形状変化点としてデータを定義する
- ・ 地形交点は、法面と地形との関係から3次元CADで求めることを前提として、盛土・切土の開始点、終了点の間で形状変化点を設定しない

の2方法から選択する運用とする。前者は、形状変化点を設定されるため、より正確な3次元形状が表現される。後者は、データ作成は簡単であるが3次元CADによる地形交点の自動算出ができず地形交点が求められない。このように2つの方法にはメリット、デメリットがある。なお、TSを用いた出来形管理に利用するのであれば、管理

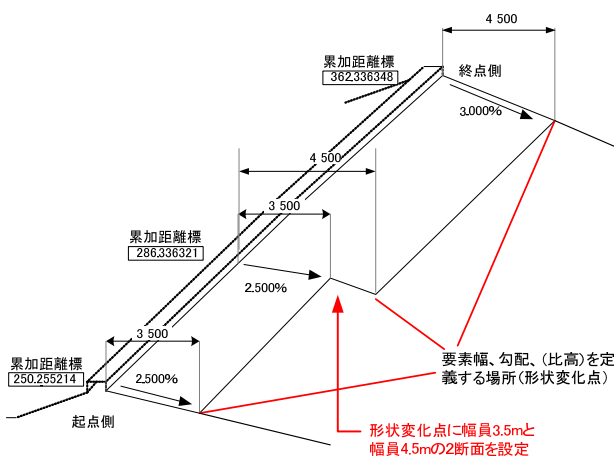


図-5 形状変化点が滑らかな形状で漸次移行しない場合の対応

断面の地形交点を求めるだけなので、後者の方法で十分である。

最後に、③について述べる。形状が変化点で滑らかな形状に漸次移行しないケースとして、a)形状が不連続に変化する、b)構成要素が発生・消滅する、の2つのケースが考えられる。a)のケースは、擁壁やカルバート等の接続部で法長が不連続になる場合である。この場合、形状変化点の前後で正確な3次元形状を維持するためには、形状変化点で前後2つの断面を構築する方法でカバーする。b)のケースは、従来は要素を定義する範囲を区切ることで不連続を表現したが、形状変化点として処理することも可能な運用としたことから、その運用に従ったデータ作成を検討した。形状変化点の前後で正確な3次元形状を維持するために、a)のケースと同様に形状変化点に2つの断面を作成し、消滅した要素の幅員または比高を0を設定してカバーする方法で運用することにした。

6. おわりに

わが国の道路設計、河川設計の現状と、先行して利用されているTS出来形管理データ交換標準への整合性を考慮して、道路、河川堤防の3次元データ交換標準を策定した。本文では、仕様書だけでは伝わらないLandXML拡張の考え方を述べ、そこからモデルとしての有用性を論じた。また、非常に柔軟性のあるモデルであることから、データ作成の負担軽減と3次元形状の正確な再現のための運用方法を示した。これらの検討は、ソフトウェア開発に参考となる情報であり、またデータの交換と利用が円滑化されるメリットがある。

今後は、データ交換標準の普及に向けて、ソフトウェアの開発支援と現場への試行を通じて検証を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 神原明宏, 青山憲明, 金澤文彦, 道路横断形状データ交換標準に関する研究, 土木情報利用技術講演集, Vol.33, pp.33-36, 2008
- 2) 田中洋一: 施工現場で利用する施工管理データの構築, 建設の施工企画, 第705号, pp.58-63, 2008.11
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所: 道路中心線形データ交換標準(案) 基本道路中心線形編 Ver.1.0, 国土技術政策総合研究所資料, No.371, 2007年1月.
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室: TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案) Ver. 2.0, 2007.12
- 5) Landxml.org: LandXML-1.1 Schema, <http://www.landxml.org/>
- 6) 有富孝一, 松林豊, 上坂克巳, 柴崎亮介: 施工管理に活用できる道路構造物の基本設計情報の構造化, 土木情報利用技術論文集, Vol.14, pp.219-230, 2005