

# 岩盤風化を伴う道路路床の合否判定に関する研究

北海道開発局 釧路開発建設部 道路第1課 高橋 克也

## 1、はじめに

釧路外環状道路のうち、別保工区は古第三系の砂岩および泥岩からなる岩盤の切土を主体とする工区である。

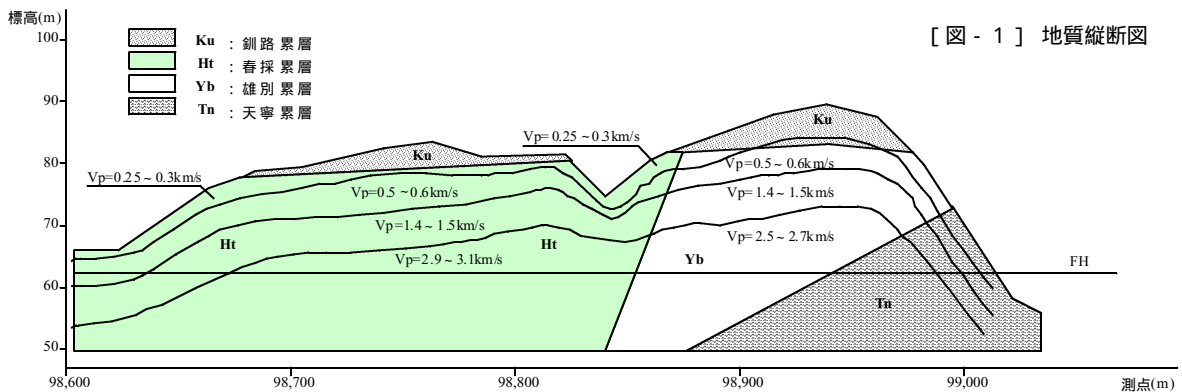
路床が岩盤となる場合、凍上および風化に対する判定を行う必要<sup>1)</sup>があるが、岩盤の凍上性を簡易に判定するための指標は示されておらず、個々に凍上試験等を行い対処している。その結果、凍上のおそれがない岩盤路床として扱うことが出来れば、舗装厚の低減による現場作業の軽減および大幅なコスト縮減が期待される。

本研究は、岩盤の凍結融解や乾湿の繰り返しによる凍上性の变化など凍害に対する岩盤の性質を把握し、岩盤を直接、路床として用いる場合の判定指標と、合理的な設計とするための舗装構成などを検討した。

ここでは、岩盤路床としての合否判定のために行った岩盤の凍結融解試験および凍結融解後の試料を用いた凍上試験等の結果と、判定結果等について報告する。

## 2、対象現場の地形地質

調査地点は、釧路市東部の丘陵地で道路建設中の切土掘削面である。施工前の調査および既存資料<sup>2)</sup>による推定地質構造を図 - 1 に示す。地質は、地表が第四紀釧路累層の未凝固火山灰質の礫・砂・泥からなる層で構成されている。釧路累層の下には、古第三紀の春採累層、雄別累層、天寧累層がほぼ縦構造で存在している。今回調査対象とした岩盤は、春採累層と雄別累層の砂岩および泥岩である。



## 3、調査試験概要

試験は、調査地点において原位置試験と、そこで採取した岩片について室内試験を行った。試験の項目と数量を表 - 1，計測した基本物性値を表 - 2 に示す。

試験方法は、表 - 1 に示すように基準がある試験については、その基準に準じて行った。

試験方法が明確に決められていない凍結融解試験と凍結融解凍上試験については、以下の試験方法によった。

[表 - 1] 試験数量表

項目	仕様	春採層		雄別層	
		砂岩	泥岩	砂岩	泥岩
凍結融解試験	-	6	6	6	6
超音波伝播試験 (凍結融解)	地盤工学会準拠	6	6	6	9
圧縮強さ試験 (凍結融解)	JISM0302	6	6	6	12
凍結融解凍上試験	-	6	6	6	12
圧縮強さ試験 (基本物性)	JISM0302	3	3	3	6
超音波伝播試験 (基本物性)	地盤工学会準拠	3	3	3	6
比重吸水試験	同上	1	1	1	1
乾湿繰り返し試験	KODAN111	3	3	3	3
乾湿繰り返し凍上試験	同上+凍上試験	3	3	3	3
原位置	シュミットハンマー試験	1	1	1	1
	簡易弾性波試験	1	1	1	1

### 3. 1. 凍結融解試験

供試体は、一般的な岩石の圧縮試験等の供試体と同様に、径約50mm、長さ約100mmの中実円筒試料で飽和状態とした。供試体の作成は JIS M0301に準拠し、供試体数量は1試料6供試体(6本)とした。

凍結融解の温度条件は、供試体中心温度(制御用コンクリートダミー供試体の中心温度)で -18 ~ +5 になるように設定し、1日8サイクルとした。一定サイクル毎に表面乾燥状態の供試体重量、およびP波・S波の伝搬時間を透過法によって測定し、同時に供試体の亀裂などの観察を行った。

[表 - 2] 基本物性値

地質	春採層			雄別層		
	1-S	1-M	2-S	2-M-H	2-M-V	
試料名	砂岩	泥岩	砂岩	泥岩		
密度試験	自然密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.448	2.548	2.315	2.411	
	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.452	2.551	2.316	2.412	
	乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.321	2.474	2.097	2.265	
	含水比(%)	5.47	2.99	10.37	6.43	
	吸水率(%)	5.62	3.14	10.42	6.46	
	有効間隙率(%)	13.05	7.77	21.86	14.63	
	単位体積質量(g/cm <sup>3</sup> )	2.436	2.579	2.248	2.406	2.337
超音波試験	P波速度(km/sec)	3.43	4.19	1.26	2.14	2.38
	S波速度(km/sec)	1.79	1.81	0.51	0.93	0.77
	動弾性係数(kN/m <sup>2</sup> )	2.05E+07	2.34E+07	1.61E+06	5.75E+06	4.00E+06
	動ポアソン比	0.313	0.385	0.396	0.375	0.442
一軸圧縮試験	圧縮強さ(kN/m <sup>2</sup> )	31080	19397	6742	7704	3258
	静弾性係数(kN/m <sup>2</sup> )	6.65E+06	5.22E+06	1.05E+06	5.40E+05	7.65E+05
乾湿繰り返し試験	吸水率増加率(%)	0.119	0.123	0.038	2.125	

試験は、所定サイクル(基本300サイクル程度)まで行った。

また、凍結融解過程での強度低下を把握するために、一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮強さの測定サイクルは、比較的状态の良い砂岩の場合でも、最初の測定は1日すなわち8サイクル程度で一度測定を行った。泥岩や軟質な砂岩は、初期サイクル時に慎重を期すため1サイクルで測定し、供試体の状況を見ながら徐々に測定間隔を上げた。

### 3. 2. 凍結融解凍上試験

凍結融解凍上試験とは、実際の岩盤路床が受ける環境を考慮して凍結融解試験と凍上試験を融合させた、今回新たに考案した試験である。すなわち、凍結融解によって劣化させた後に凍上試験を行い、凍結融解による劣化が凍上量にどのくらいの影響を与えるかを把握するものである。この試験では、供試体をセル中で拘束しながら凍上試験に供することから、従来の凍結融解試験や凍上試験のプロセスと比較してより実際に近い現象を再現している。凍上試験を行う凍結融解サイクルは、全段で行う凍結融解試験の結果から検討して決定した。

試験供試体は、凍上試験に通常の土の凍上試験機を用いるため、直径約80mm、長さ約50

mmの中実円筒試料を基本とした。供試体数量は、1試料6供試体（6本）である。

温度条件は、凍結融解では上記の凍結融解試験と同条件で行い、凍上試験では道路排水工指針<sup>3)</sup>「凍上試験」に準拠した。

#### 4、試験結果と考察

##### 4.1、岩盤路床の判定

岩盤路床としての合否は、既存資料による数値を用いた検討と今回の試験結果を基にした検討を行い、最終的にはこれらの検討結果を合わせて総合判定した。

##### 4.1.1、既存資料<sup>4)</sup>による判定

既存資料による凍上性および風化の判定値を表 - 3 に示す。これより、本資料は全て風化について「問題あり」となる。(図 - 4 参照。)

[表 - 3] 既存資料における判定値

凍上性の検討 (凍上し難い岩盤)	風化の検討 (凍結融解による劣化の境界値)
飽和密度 $s=2.1\text{t}/\text{m}^3$ 以上	一軸圧縮強さ $q_u=49,000$ ~ $98,000\text{kN}/\text{m}^2$ 以上
吸水率 $Q=15\%$ 以下	
P波速度 $V_p=2\text{km}/\text{s}$ 以上	

##### 4.1.2、試験結果による判定

試験結果による判定では、凍上性の検討に凍結融解凍上試験の結果を、風化の検討に凍結融解と一軸圧縮強さの関係を用いた。

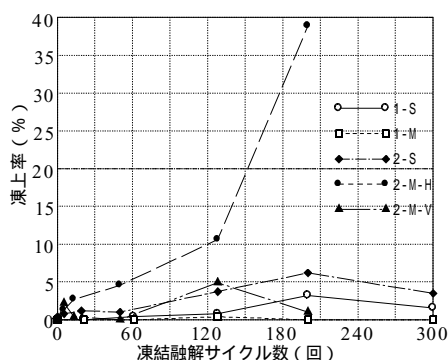
##### a. 凍上性の検討 (凍結融解凍上試験結果)

図 - 2 は、各試料の凍結融解凍上試験の結果として凍結融解サイクル数と凍上率の関係を示したものである。

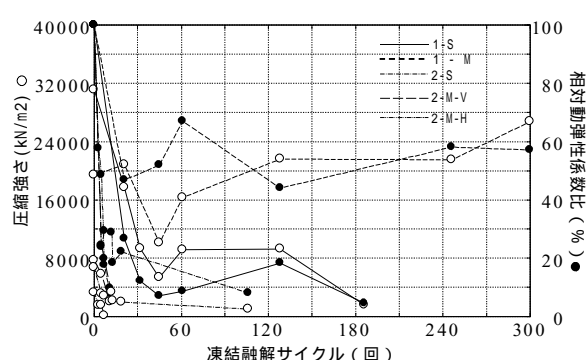
##### b. 風化の検討 (凍結融解と一軸圧縮強さ)

図 - 3 は、凍結融解試験のサイクル数と一軸圧縮強さおよび相対弾性係数比の関係を示したものである。相対弾性係数とは、超音波試験より求められる動弾性係数の初期状態からの低減比である。

[図 - 2] 凍結融解サイクル数と凍上率の関係



[図 - 3] 凍結融解サイクル数と一軸圧縮強度の関係



試験結果による判定条件を表 - 4 に示す。また、総合判定を表 - 5 に示す。

[表 - 4] 試験結果による判定条件

凍上	凍結様式	合格：コンクリート状凍結， 不合格：霜降状凍結他
		合格：凍上率 < 20%， 不合格：凍上率 ≥ 20%
風化 <sup>5)</sup>	合格	：最終サイクル(300)で強度を有する岩石
	要検討	：100～300サイクルで強度を有する岩石
	× 不合格	：100サイクル未満で強度を有する岩石

[表 - 5] 総合判定結果

岩種	試験結果による判定		総合判定
	凍上性	風化	
春採層砂岩			
春採層泥岩			
雄別層砂岩			
雄別層泥岩H	×	×	×
雄別層泥岩V		×	×

#### 4. 2. 舗装構成の検討

舗装構成については、合格岩盤と不合格岩盤は既存の基準に準じて行うことになるが、要検討岩盤をどのように扱うかが問題となる。検討した案を表 - 6 に示す。

今後、長期現地試験モニタリングを実施し、舗装構成を決定するものとした。

[表 - 6] 舗装構成検討案

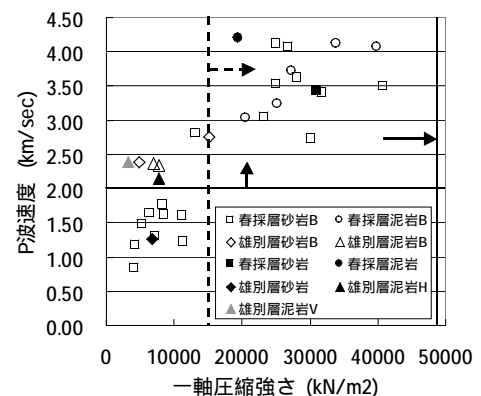
(案1)	(案2)	(案3)
凍結融解後の一軸圧縮強度 $q_u$ が $981 \text{ kN/m}^2$ 以上確保できる岩盤は、岩盤路床として扱う。	岩盤を路床として設計 C B R の上限値 20 を用い、T A 法により下層路盤厚を決定する。	凍結融解後の一軸圧縮強度 $q_u$ が低下する岩盤は、風化するとして土砂路床扱いとする。
(解説) $q_u = 981 \text{ kN/m}^2$ は、「アスファルト舗装要綱」 <sup>6)</sup> による下層路盤セメント安定処理の品質規格と同等であるとする。	(解説) 岩盤を良好な路床とする。	(解説) 対象岩盤を不合格岩盤と同等とする。

#### 4. 3. 簡易判定法の検討

岩盤路床の判定にあたって、ここで実施した試験を全ての対象岩盤で実施して判定することは非合理である。そこで、P波速度と一軸圧縮強度の関係を図 - 4 に示す。

図の関係から一軸圧縮試験を用いて、 $q_u = 15,000 \text{ kN/m}^2$  以上の泥岩（礫岩を含む）を合格岩盤、砂岩は要検討岩盤とし、 $q_u = 15,000 \text{ kN/m}^2$  以下の岩盤はすべて不合格岩盤とすることを考案した。この判定値は、既存資料による凍上性の判定にある、P波速度  $V_p = 2 \text{ km/sec}$  以上とする判定条件も満たすことから適合性が高いと考える。

[図 - 4] P波速度と一軸圧縮強度の関係



#### 5. あとがき

本報告は、岩盤路床可否の判定法と判定結果を検討して示したものである。

今後は、さらに合格と判定した岩盤の妥当性の検証と、要検討岩盤に対する適切な舗装構成の確立を目指して検討する所存である。

#### 参考文献

- 1) 北海道開発局：道路工事設計施工要領，pp8-53，2001.2
- 2) 北海道開発庁：釧路地質図幅説明書，釧路 - 第47号，1965.3
- 3) 日本道路協会：道路土工 - 排水工指針，pp238～243，1987.6
- 4) 磯田卓也，鈴木哲也，疋田貞良：路床の凍上性と上載荷重の影響，開発土木研究所月報，No.515，pp132～139，1996.4
- 5) 岡崎健治・伊東佳彦・日下祐基・高橋克也：凍上性岩盤の判定法に関する研究，土木学会北海道支部論文報告集第59号，pp538～541，2003.1
- 6) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱，pp29～36，1992.12

# 胆沢ダム本体工事マネジメント技術活用方式の試行について

東北地方整備局 胆沢ダム工事事務所 工務課 松田宏一

## 1. はじめに

近年、多様化してきているロックフィルダム建設の技術的課題を踏まえ、より効率的なダム建設を推進するために、従来からの施工技術向上に加え施工管理技術の観点から積極的なアプローチが必要と考え、胆沢ダム本体関連工事に試行的に導入したマネジメント技術を活用した新しい発注方式を試行的に導入した。この新しい発注方式は従来の発注方式に比べ、コスト縮減、品質の保持、全体施工の最適化といった点に積極的な取り組み及び効果が期待され、平成25年度完成予定の胆沢ダム建設工事の大きな原動力となるものと考えている。本報告は、その概要と特徴について報告するものである。

## 2. 胆沢ダムの概要

胆沢ダムは、北上川水系胆沢川に建設する堤高 132.0m、堤体積約 13,500 千 m<sup>3</sup> の中央コア型ロックフィルダムで、平成14年度から本体関連工事(基礎掘削工事等)に着手している。胆沢ダムは洪水調節・河川環境保全等のための流量の確保・かんがい用水及び水道水の供給・発電を目的とした多目的ダムである。

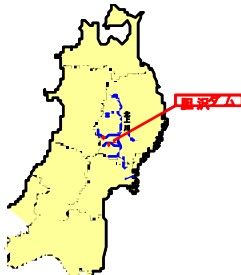


図-1 位置図



図-2 胆沢ダム完成予想図

ダム名	胆沢ダム
水系名	北上川
河川名	胆沢川
所在地	岩手県胆沢郡胆沢町
型式	ロックフィルダム
目的	F・N・A・W・P
堤高	132.0m
堤頂長	723.0m
堤体積	13,500千m <sup>3</sup>
流域面積	185.0km <sup>2</sup>
湛水面積	440ha
総貯水容量	143,000千m <sup>3</sup>
有効貯水容量	132,000千m <sup>3</sup>
着手年度	1983年度
竣工予定年度	2013年度

表-1 胆沢ダム諸元一覧表

## 3. 胆沢ダムにおける試行の概要

従来、ダム建設工事においては採取、運搬、盛立の同時かつ連続的作業といった施工特性上から一括発注方式を採用しており、発注者と工事請負者の二者形態による施工管理システムとしていた。しかし従来システムでは、ダム建設工事の多種多様な課題が現場代理人の裁量で進行することとなるため、技術的課題が表面化されにくく、また一企業体独占のため現場での技術競争力や技術的緊張がないといった課題が指摘されている。

そこで、従来システムに第三者形態であるマネジメント業務実施者(以下「CM」:コンストラクションマネージャ)を導入した新しい施工管理システムにすることで、明確な役割分担のもと現場の施工管理体制を強化し、一層きめ細やかな施工管理を推進するとともに、全体施工の最適化を図り、品質の保持・コスト縮減を図ることとした。

また、一括発注していた工事を分離発注することにより、技術的特性の異なる複数の工

事が独立し、それぞれの工事の役割と責任が明確になることで現場における技術的緊張関係や技術的競争力が高まり、より積極的な取り組みが期待される。

なお、分離発注により複数化された各業者間の施工調整は、CMrに調整させることで分離発注の利点を活かしつつ全体施工の一体性(同時かつ連続的作業)を確保できるものと判断している。

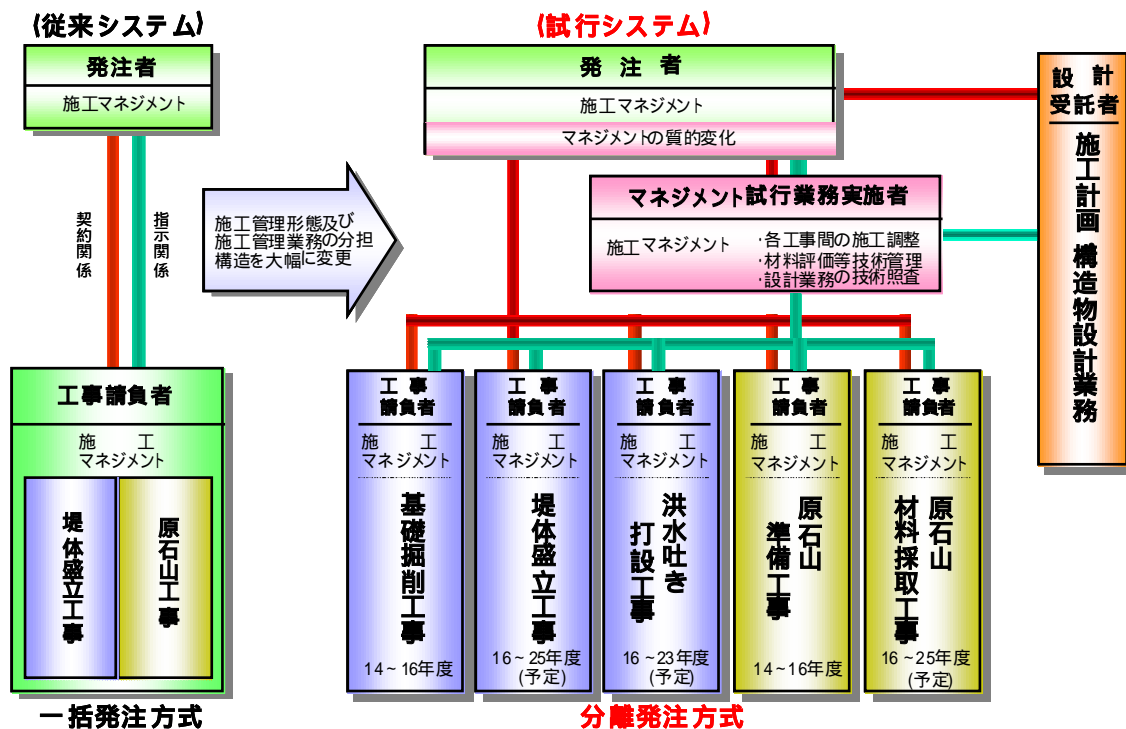


図-3 胆沢ダム本体工事における施工管理システム(試行)

#### 4. 胆沢ダムの試行システムにおけるポイント

##### 4-1. 発注工事の細分化

ロックフィルダム建設の本体工事は大きく分けて堤体盛立と原石材料採取に分類されるが、胆沢ダムではそれらをさらに細分化し、工事の特徴を踏まえた5件の工事に分離発注することとしている。これは、個々の工事の専門的技術特性に応じたきめ細かい入札参加資格要件の設定が容易となり、有資格者の増加とそれに伴う市場の競争性向上を期待したものである。

##### 4-2. マネジメント技術の設計段階からの活用

胆沢ダムは現在、基礎掘削工事等を実施しているところであるが、本体工事発注に向けた施工計画、構造物設計等の技術照査をCMrに実施させることとしている。これは、より早い段階から施工サイドの技術的視点を加えた効果的なコスト縮減対策を取り込むことができるほか、施工段階においても手戻りや設計変更の減少など効率的な施工の推進を期待したものである。

#### 4-3.コスト縮減に対するインセンティブの付与

胆沢ダムでは、コスト縮減の実現性と効果の観点から、公共工事としては初めての「成功報酬型」のインセンティブを導入することとしている。具体的にはCMrからのコスト縮減提案を発注者が採用し、コスト縮減が達成された場合、コスト縮減額の10%のコスト縮減管理費(対価)としてCMrに支払うものである。

これは、より効率的・効果的なマネジメント業務の実施を促すためCMrにインセンティブを与えることが有効であると考えられるとともに、請負業者側としては、CMrの提案が採用された場合、縮減額の報酬(VE提案縮減額50%)は一切貰えないことから、発注者側も含めた技術的緊張の向上を促すことも十分に考えられる。

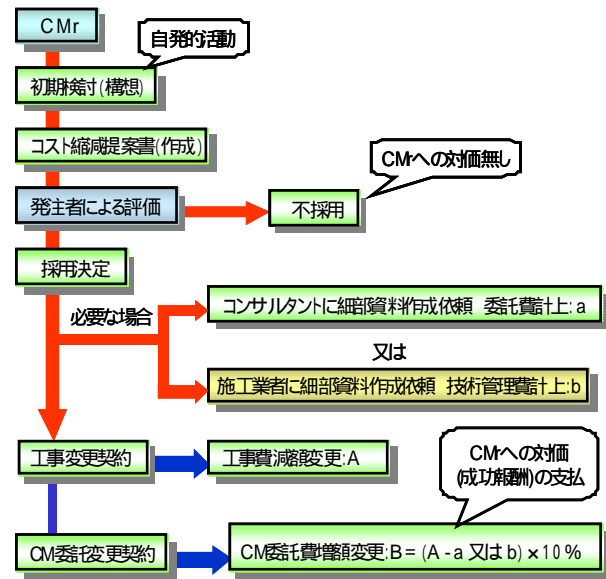


図-4 成功報酬型インセンティブの概要

#### 5. CMrの指示権限と責任

CMrは「常に発注者(国民)の立場に立ち、質の高い技術サービスを提供する」これまでにない新しいタイプの業務を担うため、CMrにはマネジメント内容ごとに工事請負者に対する実質的な指示権限を付与し、主体的な業務の推進を可能としている。

また、責任についてはCMrとの契約が発注者の業務の一部を委託した委任的業務の性格が強いことから「善良なる管理者の注意を持って事務を処理する義務」と「債務不履行責任(損害賠償責任も含む)」が発生する。ただし、不可抗力等により損害が生じた場合の責任(無過失責任)は発生しない。

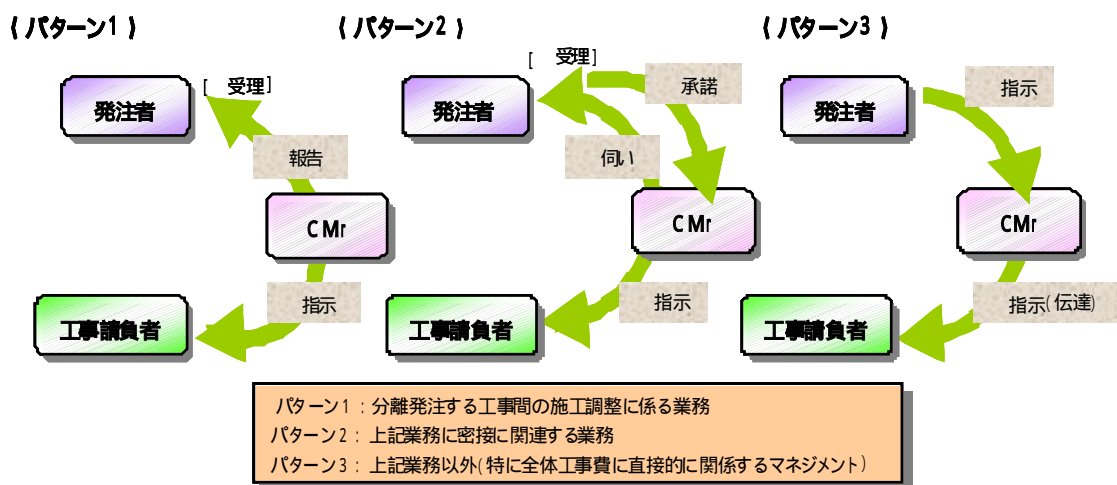


図-5 マネジメント試行業務における指示系統図

## 6. 試行にあたってのリスクとモニタリング

今回、マネジメント技術を活用した新しい施工システムが運用されるが、より効果的なシステムとして確立していく為に、継続的なモニタリングによりシステムの有効性、課題等の確認及び評価を行っていく必要がある。現時点での試行システムに係るリスクとモニタリングの着目点は以下のとおりと考えている。

### 6-1. 意志決定速度のリスク

今回の試行システムでは、CMrというプレーヤーが増えることで、意志決定に必要な時間が増加する可能性があるが、日々の施工調整に関しCMrに実質的な指示権限を委任しているため、顕著な意志決定速度の遅延は発生しないのではないかと考えている。また、意志決定速度の向上について、今後、伝達手段や情報の共有化も重要な課題となり胆沢ダムでは、ASP(インターネットを利用した情報共有)によるCAL S / E Cの導入を実施しているところである。

### 6-2. 発注者負担増加のリスク

本システムにより技術的課題が表面化しやすくなり、施工プロセスの透明性の観点からはプラス側に捉えられるが、各工事間での顕著なリスクが生じた場合、最終的な責任は発注者であるため、発注者の負担が従来方式より大きくなる可能性がある。

### 6-3. モニタリングの着目点

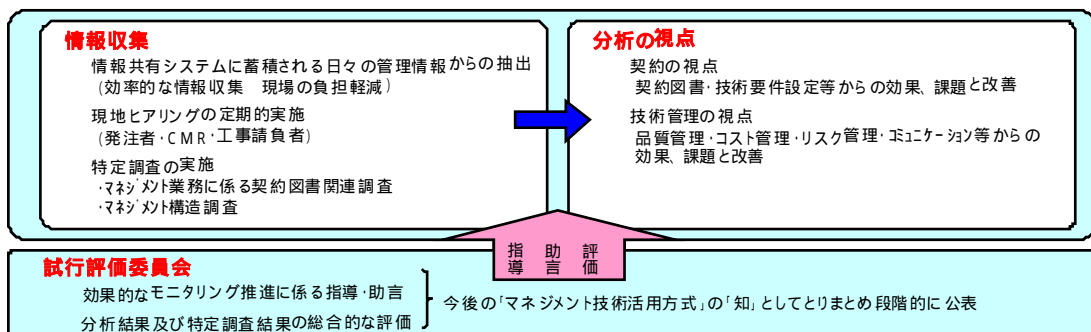


表-2 モニタリングの基本的な考え方

## 7. おわりに

マネジメント技術を活用した施工システムは、現在、東北地方整備局管内で森吉山ダムと胆沢ダムに試行的に導入し、モニタリングを実施しているが、今後、より効果的なマネジメントシステムとして確立することができれば、ロックフィルダム建設の新しい原動力となるものと考えられる。また、ダム建設工事に限らず他の公共工事においてもマネジメント技術を活用し、工程管理、品質管理、コスト縮減の効果が十分に期待されることから、全国的にもその動向が注目されているところである。

最後に考察として、このシステムは私たち技術者のとりまく環境に変化をもたらし、工事請負者、CMr、インハウスエンジニアといった複数構成により必然的に各技術者間の技術的競争関係、緊張関係が高まり、最終的に公共工事の質的向上も期待される。そのため試行の過程では、システムを適正に運用していくうえでも、私たちインハウスエンジニアがリードしていくという技術者としての意識改革が重要であると考えます。



# 完成度の高い暫定2車線整備指針について ～地域需要に沿った社会資本整備の早期発現とコスト縮減～

北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 調査第二課 田中義太郎

## 1. はじめに

一般国道470号能越自動車道は、石川県輪島市を起点とし、七尾市を經由して富山県砺波市に至る延長約100kmの第1種3級の高規格幹線道路である。そのうち、平成14年10月に本体工事に着手した穴水道路は、能登空港IC（仮称）から此木IC（仮称）間の延長6.2kmの道路で、平成17年度の供用開始に向けて事業を進めている（図1）。従来の通り完成4車線道路である高規格幹線道路を暫定的に2車線として供用する計画では、一度に4車線分の構造物を施工するため初期投資額が多くなるとともに工期も長くなってしまいう傾向にあった。

そこで本論文では、独自の暫定2車線整備の指針を策定し、構造物の施工を2車線供用時の必要最小限とすることで、初期投資を抑制するとともに工事期間短縮を図っている『能越自動車道穴水道路』の取り組みについて報告する。

## 2. 概要

本州日本海側のほぼ中央に位置し、北に向かって日本海に突出した石川県能登地方は、伝統的な祭りや工芸品、能登半島国定公園などの豊かな自然、四季を通じた豊富な食材と、数多くの観光資源に恵まれている。一方で、平成13年にのと鉄道輪島～穴水間の廃線、奥能登バス路線の廃止などが相次ぎ、公共交通機関網は急速に後退している。さらに、三方を海に囲まれた半島特有の地理的な制約条件に加え、北陸自動車道や小松空港といった高速交通体系と遠距離に位置することから、定住人口の減少・過疎化が進んでいる。他方では、能登地方を支える観光産業の活性化のため、人・物流の円滑化を図る高速交通体系の早急な整備を求められている。特に穴水道路に対しては、平成15年7月7日に開港した能登空港へのアクセス支援道路として石川県及び関係市町村から一刻も早い供用が望まれている。他地域の例としては、上信越自動車道供用でも、幹線道路網とのネットワーク化で休日の交通量が増え観光・レジャーに多く利用され観光圏を広げるとともに、港湾と高速道路が連絡されることから、流通の活性化・拡大につながった<sup>1)</sup>。このように高い効果が見込まれる事業であることから、高規格幹線道路としての整備効果の早期発現を目的として整備する必要がある。



図1 能越自動車道 穴水道路位置図

これらの背景から、能越自動車道穴水道路では、暫定2車線供用が仮に長期間に及んでも高規格幹線道路としての機能を満たす事の出来る道路構造となるよう設計し、従来よりもさらに初期投資を抑えかつ整備効果を早期発現させるための効果的・効率的な暫定2車線整備指針をまとめることとした。

### 3. 整備指針の検討

#### 3.1 基本方針（安全性を向上させ、80km/h走行を可能に）

一般的に高規格幹線道路はサービス水準上、走行速度80km/h以上を確保した設計を行うが、暫定2車線供用時には効率的・経済的となるよう将来不要となる過大投資を出来る限り避けるため中央分離帯を設置せず、ラバーポール等で往復の通行を区分する方法で設計する。このため、交通安全上、規制速度が設計速度より低い場合が多く、既設ストックが十分に活用されていない。

穴水道路については、将来交通量の推計が、14,200台/日（H32）となっており、将来は片側2車線とした4車線が必要とされている。しかし、暫定2車線として供用する期間が長期化すると予想されることから、暫定供用時においても、より高い安全性と走行機能を確保し、設計速度による走行が可能な道路とすることとした。

#### 3.2 設計基準の考え方

上記の理由から、金沢河川国道事務所では新構造令を先取りし「穴水道路暫定2車線設計運用」を定める事とした。路肩幅員に関しては、大型車が路肩に停車しても側方を大型車が通過でき、緊急停車車両も停車できる2.5mを採用するとともに、中央帯は、一定のサービス速度の確保と正面衝突等の重大事故防止を図るため2車線でありながら中央分離帯を設けることができるよう2.25mを採用し、創意工夫した。なお、その他の基準については、道路構造令、高規格幹線道路設計要領(案)、設計要領の他、関係指針等により決定するものとした(表1, 2)。

また、今後整備を進める能越自動車道七尾氷見道路についても、穴水道路と同様に、完成4車線供用までの期間が長期化すると予想されることから本運用を適用する。ただし、未事業化である能越自動車道輪島道路、田鶴浜七尾道路については、「高規格幹線道路に対する「追い越し車線付2車線設計基準」が全国基準として本格運用後に、2車線詳細設計を行うと想定されるので、本運用は適用しないものとする。

表1 土工部における幅員設計基準比較表

土工部			(単位:m)					
設計基準		道路構造令		高規格幹線道路 暫定2車線幾何構造		穴水暫定2車線設計運用		
		規格値	特例値	規格値	特例値	規格値	特例値	
幅員構成	車線数		4車線	-	2車線	-	2車線	-
	中央帯	中央帯	3.00	2.25	0.50 (中央マーキング帯)		2.25	-
		側帯	0.50	-	-	-	0.50	-
	路肩	路肩 (左側)	1.75	1.25	1.75	-	2.50	-
		側帯	0.50	0.25	0.50	-	0.50	-

表2 橋梁部における幅員設計基準比較表

(単位:m)

橋 梁 部								
設 計 基 準		道路構造令		高規格幹線道路 暫定2車線幾何構造		穴水暫定2車線設計運用		
		規格値	特例値	規格値	特例値	規格値	特例値	
幅員構成	車線数	4車線	-	2車線	-	2車線	-	
	中央帯	中央帯	3.00	2.25 (50m以上の橋 もしくは高架)	0.50 (中央マーキング帯)		2.15	-
		側帯	0.50	-	-	-	0.50	-
	路肩	路肩 (左側)	1.75	1.25 (50m以上の橋 もしくは高架)	1.25	-	2.50 (50m未満の橋 もしくは高架)	1.25 (50m以上の橋 もしくは高架)
		側帯	0.50	0.25	0.50	-	0.50	-

#### 4. 結果

##### 4.1 初期投資を抑えた暫定2車線化

従来の暫定2車線計画では、一度に4車線分の構造を施工するため初期投資額が多くなる。そこで穴水道路では、例えば橋台は2車線分のみを施工するなど、構造物を2車線供用の必要最小限の施工とするとともに、縦横断線形を完成4車線幅の中で一般部の土工量が最小となるように見直すことで、初期投資額の低減と工事期間の短縮を図る。これにより、約10億円のコスト縮減が見込まれる。

##### 4.2 能登空港IC(仮称)の構造見直し

従来からのIC建設方法である、「ランプ形式」から「平面直接取付形式」とすることで、ランプ部の先行投資額が少なくなるだけでなく、工事期間の短縮を図ることが出来る(図2)。これにより、約10億円のコスト縮減が見込まれる。

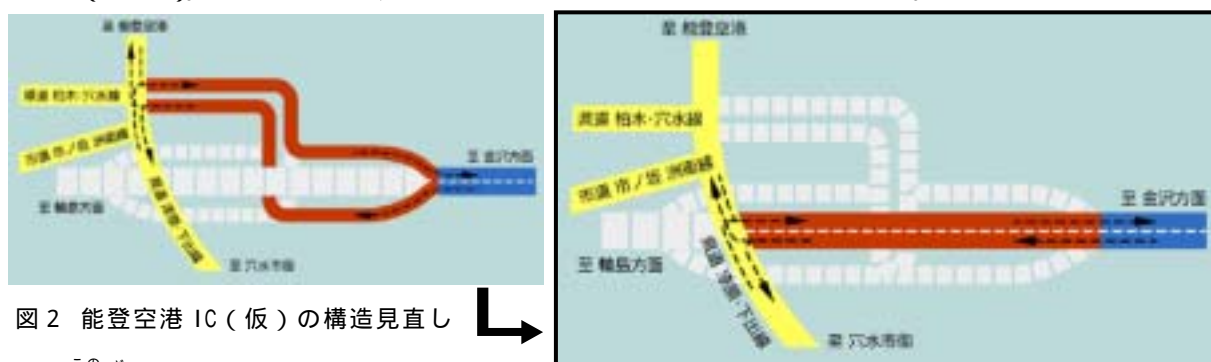


図2 能登空港IC(仮)の構造見直し

##### 4.3 此木IC(仮称)の構造見直し

此木ICでは、県道、旧のと鉄道、河川を跨ぐ橋梁が必要となるが、当初2つ必要となっていたランプ部分の橋梁を一つにまとめることにより、事業費の低減と工事期間の短縮を図ることが出来る(図3)。信号交差点が出来るものの交通量から考えて十分なサービスが確保できると判断している。これにより、約5億円のコスト縮減が見込まれる。

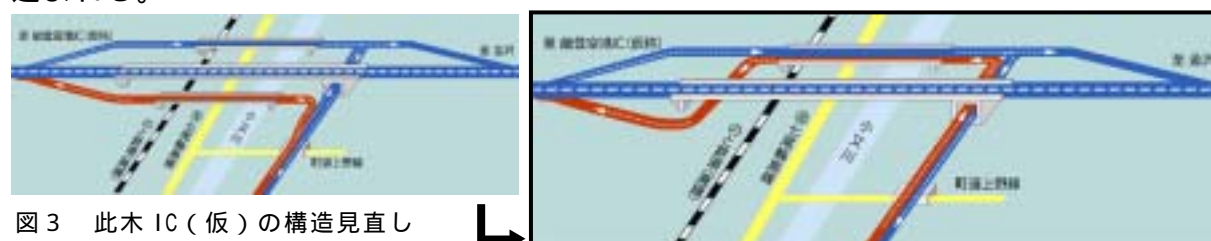


図3 此木IC(仮)の構造見直し

#### 4.4 リサイクル材の利用

山を切り開く際に現場で発生する伐採木は細かく砕いてチップに加工し、道路法面への吹き付け材料としてリサイクル活用する他、再生骨材等再生材料の積極的な活用によりコスト縮減を図る。これにより、約1億円のコスト縮減を見込んでいる。

#### 4.5 快適な安全走行・完成度の高い道路

従来の暫定2車線道路の車線分離は将来不要となるような過大投資を出来る限り避けるため、車道中央線やラバーポール等による簡易分離等によって行われてきた。しかし、穴水道路では中央分離帯を設置し完全に分離された2車線道路とすることで走行の安全性を高めた(図4)。これにより、高規格幹線道路としての機能及びサービス水準を確保し、走行速度80km/hに耐えうる道路構造とした。また、路肩幅員を2.5m確保することにより、走行中の車両に万が一故障が発生しても、安全に駐車することが出来る。



図4 安全で安くて早くて快適な穴水道路

#### 5. 考察

国の財政事情の悪化から「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2002」では、社会資本整備について重点的、効果的かつ効率的に推進し、無駄のない迅速なサービス提供をすることとしている。さらに、平成14年8月29日の経済財政諮問会議における「制度・政策改革集中審議」において、1)事業のスピードアップ、2)設計の最適化、3)調達の最適化が見直しのポイントとして挙げられた。本件は、初期投資を少なくする一方、効果を早く発現する方法はないかという観点から、概略設計後に規格を見直すとともに総合的なコスト縮減に取り組んできた。

高規格幹線道路に対しては、追い越し区間付き2車線構造等、地域に応じた柔軟な道路構造を採用する<sup>2)</sup>としており、平成15年7月24日に、地域の実情に応じた道づくりを推進し道路整備のコスト縮減を図るため道路構造の選択肢を広げることを目的とした、「道路構造令の一部を改正する政令」が公布・施行された。その中では、完成2車線の高速道路や乗用車専用道路が発表されるなど、今日は高規格幹線道路のあり方の転換期と言え、穴水道路は全国に先駆けて地域の需要に合った整備を進め、コスト縮減及び整備効果の早期発現を図った先駆的事例である。

#### 6. 参考文献

- 1) 八橋義昭・樋口徳男・滝澤 康(2000) 上越自動車道による整備効果について. 平成12年度北陸地方整備局管内技術研究会論文集, 397-400.
- 2) 国土交通省(2003) 平成14年度国土交通白書.

# 掘割構造物の隅角部補強鉄筋に関する実験的研究

日本道路公団東京建設局千葉工事事務所技術第二課本間英貴

## 1、はじめに

近年、都市内道路においては、土地取得や環境保全の問題から、地下空間を活用した図 - 1 に示す、掘割構造の道路が実用化されてきている。一般的に、地下空間は地震に有利と云われているが、兵庫県南部地震では、地下構造物も大きな被害を受けた。そこで、本検討区間において、図 - 2 に示す地震応答解析を行ったところ、構造物底版付近に地盤の硬軟質境がある場合、強制的に変形することが事前の解析で判明した。横断方向の耐震性の確保において、外周部材では側壁に変形が集中するため、その変形性能について着目する必要がある。これまで、既往の検討では、阪神高速道路公団（以下、阪高と略す。）において、地震時を想定した載荷実験が行われている。これによると、隅角部に補強鉄筋を配置しない場合、隅角部に損傷が集中し、変形性能が著しく低下することが実証されている。このため、阪高の実験式より隅角部補強鉄筋を設計したところ、鉄筋量が非常に多くなり、施工上困難な配筋となるという課題が生じた。そこで、本研究では、合理的な隅角部補強（鉄筋量、配筋）方法に対し、模型による載荷実験を行い、隅角部に隣接する側壁の変形性能について確認した。

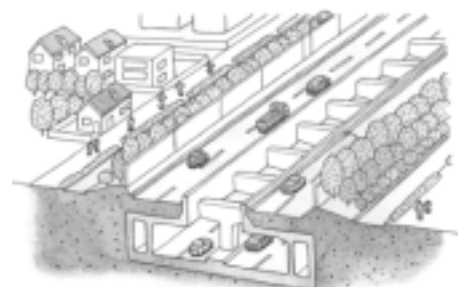


図 - 1 掘割構造道路イメージ



図 - 2 地震応答解析結果（変形図）

## 2、実験概要

### 2.1、実験供試体

供試体の縮尺は、曲げが卓越する実験であることから、図 - 3 に示す縮尺 1/4 の供試体で期待する精度が得られるものと判断した。

### 2.2、実験ケース

実験ケースを表 - 1 に示す。主鉄筋は、隅角部補強鉄筋及び側壁の変形性能に対する影響が大きい。しかし、地盤条件

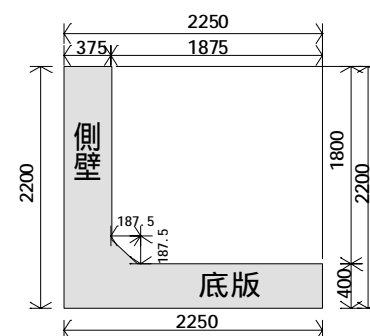


図 - 3 供試体概要図

表 - 1 実験ケース一覧表

供試体	主鉄筋 (実構造物)	隅角部補強鉄筋 (実構造物)	ハンチ筋	ケースの概要	着目点
1 (基本ケース)	2-D10@31.25mm (2-D38@125mm) 主鉄筋比：2.4%	D6@31.25mm (D25@125mm)	D10@31.25mm (D38@125mm)	主鉄筋比は試設計で算出された最大鉄筋比。隅角部補強鉄筋は既往の実験式より算出。	基本ケースにおける変形性能の把握
2	2-D10@31.25mm (2-D38@125mm) 主鉄筋比：2.4%	D6@62.5mm (D25@250mm)	D4@31.25mm (D16@125mm)	1の結果から隅角部補強鉄筋とハンチ筋を低減	基本ケースから隅角部補強鉄筋量とハンチ筋を低減した場合の変形性能を確認
3	2-D10@31.25mm (2-D38@125mm) 主鉄筋比：2.4%	D6@62.5mm (D25@250mm)	D10@31.25mm (D38@125mm)	1の結果から隅角部補強鉄筋を低減	供試体 2 に対しハンチ筋を低減した場合の変形性能を確認

により、主鉄筋量が大きく異なることが予想された。主鉄筋量が多くなると隅角部補強鉄筋量も多くなり、側壁の変形性能も厳しくなることから、当該区間において、レベルタイプ2相当の外力を想定して試設計した場合、ほぼ上限値にあたる主鉄筋比2.4%の条件を基本ケースとした。

隅角部補強鉄筋については、阪高実験式より供試体 1 の鉄筋量を算出。供試体 1 の結果から、隅角部補強鉄筋が殆ど降伏しなかったことから、供試体 2、3 の鉄筋量を 1/2 に低減した。また、隅角部補強鉄筋の配筋方法については、阪高実験においては、ハンチ鉄筋に対し直角方向に配置する方法が有効であると確認されていたが、今回は、土留め壁を裏型枠として使用した場合、内側からのみの施工であることを想定して、図 - 4 に示す、X-Y 方向に配筋する方法を採用した。

ハンチ鉄筋については、基本的に側壁主鉄筋と同径・同間隔とした。ただし、2 に関しては、ハンチ鉄筋量が隅角部へ及ぼす影響を把握するため、鉄筋量を低減した。

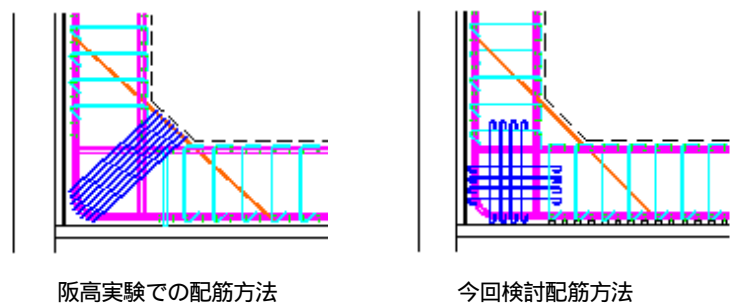


図 - 4 隅角部配筋図

### 2.3. 載荷方法

載荷方法については、隅角部に所定の断面力を作用させこと及び側壁の変形性能を確認することを目的とし、図 - 5 のように底版を反力床に固定し、油圧ジャッキにより側壁に水平荷重を正負交番載荷した。

載荷パターンは、正載荷側（閉じる側）の降伏荷重  $y$  の整数倍を基本とした。なお、降伏変位は事前に断面耐力から算出された降伏荷重載荷時の変位とした。載荷は荷重が降伏荷重の計算値以下に低下するまで実施し、それ以降は、供試体の状況を考慮して載荷を継続した。

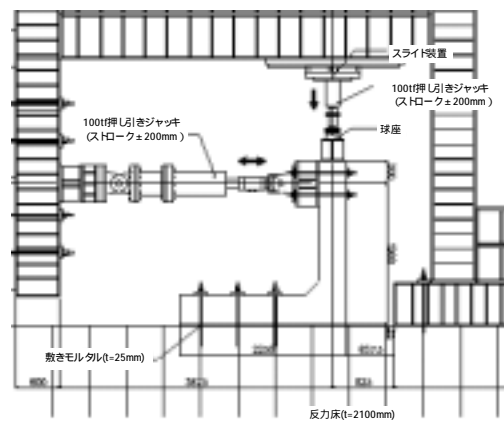


図 - 5 載荷装置概念図

## 3. 実験結果

### 3.1. 供試体 1（基本ケース）の結果

載荷実験から得られた供試体 1 の水平荷重 - 側壁変形角関係図を図 - 6 に示す。ここで、側壁変形角 (rad.) は、図 - 7 に示すように、載荷点水平変位を底版部材芯から載荷点までの距離で除したものととして算定された側壁のみかけの変形角  $\theta$  が

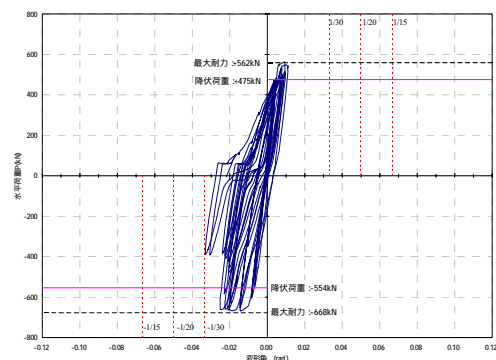
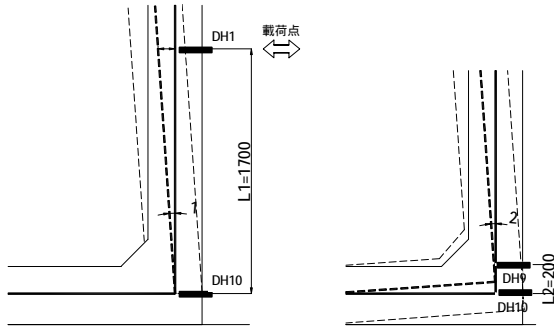


図 - 6 供試体 1 水平荷重 - 側壁変形角関係図

ら隅角部回転角  $\theta_2$  を控除して算定した。1 は側壁より先に底版部に塑性ヒンジが形成されたため、側壁部の変形性能を確認することができなかったが、隅角部補強筋は、終局状況に至っても降伏に至らず、補強鉄筋量の低減が可能であることが判った。終局状況写真を図 - 8 に示す。



側壁変形角の算定： $\theta = \theta_1 - \theta_2$

- 側壁のみかけの変形角： $\theta_1 = (DH1 - DH10) / L1$
- 隅角部回転角： $\theta_2 = (DH9 - DH10) / L2$

図 - 7 側壁変形角概念図



図 - 8 供試体 1 終局状況写真

### 3.2、供試体 2、3 の結果

供試体 1 の結果より、供試体 2、3 の隅角部補強鉄筋量については、低減して実験を行った。また、ハンチ鉄筋量が隅角部へ及ぼす影響を確認するため、供試体 2 はハンチ筋量を低減した。供試体 2 及び 3 の水平荷重 - 側壁変形角関係図を図 - 9、図 - 10 に示す。

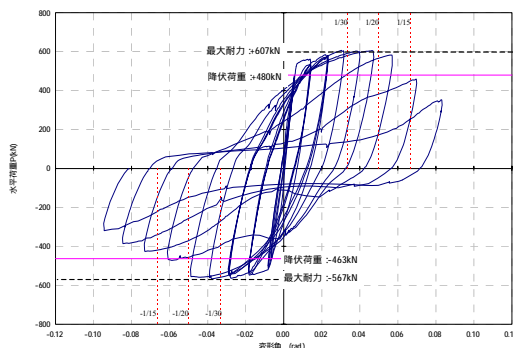


図 - 9 供試体 3 水平荷重 - 側壁変形角関係図

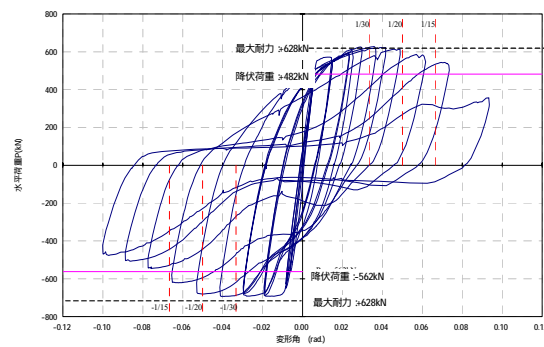


図 - 10 供試体 4 水平荷重 - 側壁変形角関係図

供試体 2 は、塑性ヒンジが側壁ハンチ上端部に形成され、変形性能についても、当初想定していた層間変形角（タイプ 1：1/75，タイプ 2：1/50）に対し、層間変形角 1/20 ~ 1/15 において降伏荷重が確保でき、側壁の変形性能は確認できた。隅角部補強鉄筋については、降伏に至ったが隅角部については外観上大きな損傷は見受けられなかった。供試体 3 についても、供試体 2 と同様の結果となった。終局状況の写真を図 - 11 に示す。また、図 - 12 にハンチ鉄筋量の違いによる側壁内側主鉄筋の曲

率を示す。各断面の主鉄筋に設置したひずみゲージより曲率を求め、その値を断面毎にプロットした。ハンチ鉄筋量を低減した供試体 2 は、断面 9（ハンチ下端面）で隅角部剛域内の主鉄筋が降伏曲率（ $y=0.053$ ）を越えて降伏しているのに対し、ハンチ鉄筋量を低減しなかった供試体 3 は、隅角部剛域内の主鉄筋が降伏しなかった。



供試体 2

供試体 3

図 1 1 終局状況写真

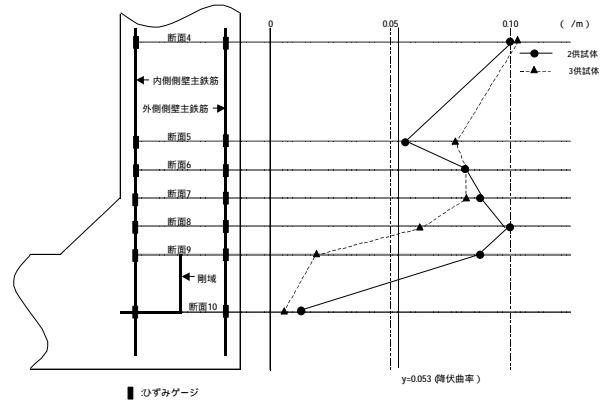


図 - 1 2 内側主鉄筋曲率関係図

#### 4、まとめ

隅角部の合理的な補強方法と側壁部の変形性能を確認するために正負交番載荷実験を行った結果、既往の実験式より算出された隅角部補強鉄筋量が半分に低減できることが判った。また、ハンチ鉄筋については、鉄筋量を低減した場合、隅角部内主鉄筋が塑性化する結果となったことから、ハンチ鉄筋量は低減できなかった。

上記結果より、供試体 3 のケース（隅角部補強鉄筋量を低減し、ハンチ鉄筋を低減しなかったケース）が今回行った載荷実験の中で最も合理的な補強方法であり、側壁の変形性能についても、当初想定していた層間変形角（タイプ 1：1/75，タイプ 2：1/50）に対し、1/20～1/35 程度の大きな変形性能を確認することができた。

隅角部については、今回の実験で確認した補強方法（隅角部補強鉄筋の鉄筋量と X-Y 方向への配筋方法）により、隅角部付近での破壊形態は曲げ破壊先行型であることが確認された。また、そのときの耐力と塑性変形後のエネルギー吸収性能に関するデータも得られ、供試体 3 のケースの考え方に沿って設計すれば、大幅に施工が改善できる、という結論を得た。

#### 5、今後の展開

今回の実験結果について、各方面から提案されている設計手法と比較検討した結果、隅角部に働く終局曲げモーメントから、隅角部に働くせん断応力を算出し、そのせん断応力より、隅角部のコンクリート耐力と補強鉄筋のせん断耐力が上回るように補強鉄筋量を算出する、せん断モデルによる計算方法が比較的实验結果を再現できていた。

今後は、実設計に適用させていくため、せん断モデルによる設計手法を確立し、合理的な設計によるコスト縮減や品質向上を図っていきたい。



# 丹生ダム堤体概略設計支援システムの開発

水資源開発公団 丹生ダム建設所 調査設計課 調査設計第三係長 柳生 光彦  
 水資源開発公団 丹生ダム建設所 調査設計課 調査設計課長 木戸 研太郎

## 1. はじめに

一般にダム事業における地形・地質データは、事業の開始から完成後に至る長期間に渡り使用される非常に重要なデータである。特にフィルダムの場合、調査・設計・施工計画が密接に関連し、事業の進捗に伴い常に修正作業が行われるものであるが、現在の手法ではデータの追加や図面の修正といった作業を手作業で行っているのが一般的である。このため、人為的誤差の発生や数量計算時の時間的ロスといった多大な作業量と時間および費用がかかっている。

水資源開発公団（以下水公団）では、平成11年度にCAD研究会を発足させ、CALSを推進させることにより、積極的に情報化に向けて取り組んでいる。

丹生ダム建設所では、平成12年に「原石山設計掘削線作成システム」<sup>1)</sup>を開発し、水公団内の他ダムで有効に利用されている。今回、ダム堤体設計について、機械的な作業部分を3次元地形情報を用いたCADシステムを利用することで作業量・ロスの低減及び効率化を目指した「堤体概略設計支援システム」を開発した。

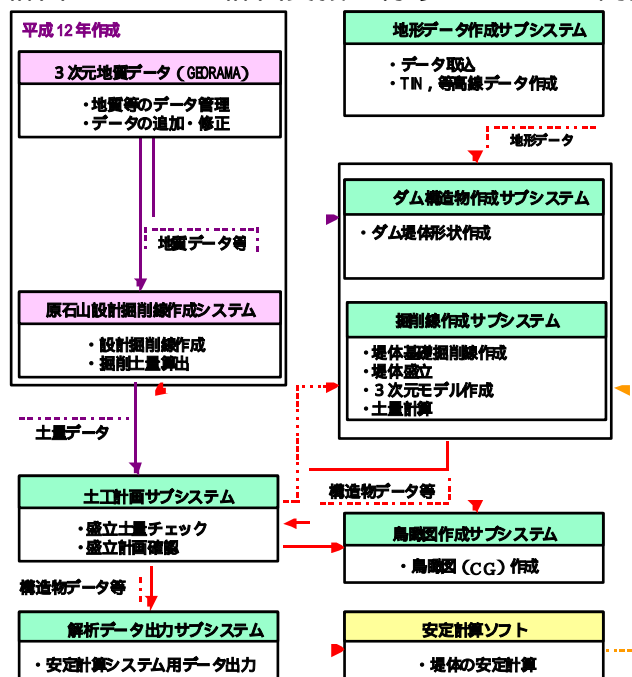
## 2. 堤体概略設計支援システムについて

地形・地質データを3次元で電子化、管理するとともに、ダム本体を対象とした堤体設計支援および掘削計画・土量計算・盛立計画などの土工計画支援を行うシステムを開発し、フィルダム堤体設計及び施工計画立案における作業の効率化を行うことを目的とする。主な目的を以下に示す。

- 地形・地質データの電子化管理
- 堤体概略設計の自動化
- 施工計画の効率化

また、システムは6つのサブシステムから構成される。

- 地形データ作成サブシステム
- ダム構造物作成サブシステム
- 掘削線作成サブシステム
- 土工計画サブシステム
- 解析データ出力サブシステム
- 鳥瞰図作成サブシステム



システムとデータの流れを図-1に示す。 図-1 全体のシステムとデータの流れ

### 3 . システムの主な内容

#### 3.1 ダム構造物作成サブシステム

堤体形状を作成する機能であり、堤体ゾーニングのパターンが選択可能となっている。また、ダム軸の直線・曲線を選択、ならびにコア形状の勾配変化に対しても対応可能となっている。

##### ダム堤体形状作成機能

代表断面の一定条件（コア・フィルタ・ロック勾配、幅等）を入力することにより堤体形状を作成する機能を有する。（図 - 2 , 3）

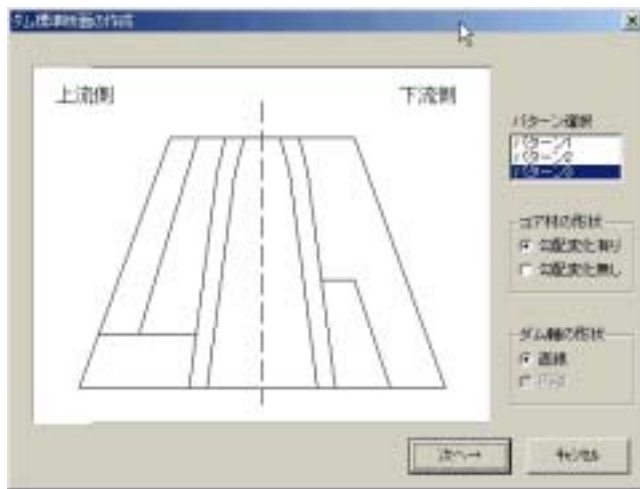


図 - 2 標準断面の入力(基本形状)

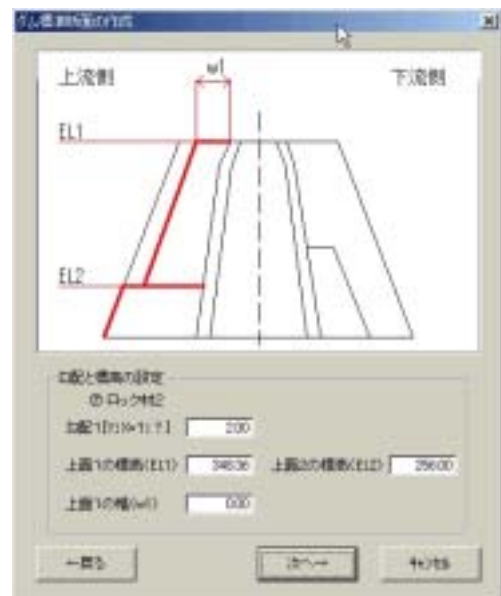


図 - 3 標準断面の入力(ロック材)

#### 3.2 掘削線作成サブシステム

掘削条件（ダム軸、法面勾配、小段幅等）を入力することで自動的に掘削土量、図面を出力する機能である。掘削土量は汎用の表計算ソフト、図面は汎用のCADソフトで出力される。また、指定されたダム標準断面図をもとに盛立形状と盛立土量計算が行われる。CAD図面には、盛立後の地形が表示される。

##### 堤体掘削線作成機能

ダム軸を入力し、堤体基礎掘削線を自動計算する機能を有する。

##### 堤体盛立機能

コア・フィルタ・ロック等の堤体盛立の形状を自動計算する機能を有する。

##### 3次元モデル作成機能

を基に、掘削形状、盛立形状を3次元的に表現する機能を有する。（図 - 4,5）

##### 土量計算機能

堤体掘削土量・面積計算、盛立計算を行う機能を有する。また、標高毎のスライス図面が出力でき、発注図面にも利用できる。（図 - 6,7）

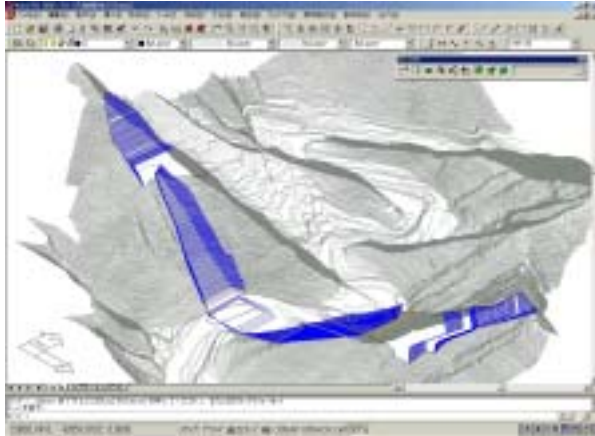


図 - 4 3次元掘削図

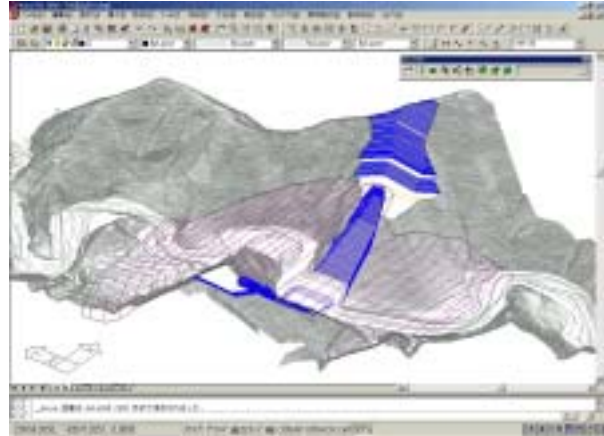


図 - 5 3次元盛立図

区画ID	区画名	掘削体積 (m³)	土量 (m³)
1	区画1	10,000.0	10,000.0
2	区画2	20,000.0	20,000.0
3	区画3	30,000.0	30,000.0
4	区画4	40,000.0	40,000.0
5	区画5	50,000.0	50,000.0
6	区画6	60,000.0	60,000.0
7	区画7	70,000.0	70,000.0
8	区画8	80,000.0	80,000.0
9	区画9	90,000.0	90,000.0
10	区画10	100,000.0	100,000.0
11	区画11	110,000.0	110,000.0
12	区画12	120,000.0	120,000.0
13	区画13	130,000.0	130,000.0
14	区画14	140,000.0	140,000.0
15	区画15	150,000.0	150,000.0
16	区画16	160,000.0	160,000.0
17	区画17	170,000.0	170,000.0
18	区画18	180,000.0	180,000.0
19	区画19	190,000.0	190,000.0
20	区画20	200,000.0	200,000.0
21	区画21	210,000.0	210,000.0
22	区画22	220,000.0	220,000.0
23	区画23	230,000.0	230,000.0
24	区画24	240,000.0	240,000.0
25	区画25	250,000.0	250,000.0
26	区画26	260,000.0	260,000.0
27	区画27	270,000.0	270,000.0
28	区画28	280,000.0	280,000.0
29	区画29	290,000.0	290,000.0
30	区画30	300,000.0	300,000.0
31	区画31	310,000.0	310,000.0
32	区画32	320,000.0	320,000.0
33	区画33	330,000.0	330,000.0
34	区画34	340,000.0	340,000.0
35	区画35	350,000.0	350,000.0
36	区画36	360,000.0	360,000.0
37	区画37	370,000.0	370,000.0
38	区画38	380,000.0	380,000.0
39	区画39	390,000.0	390,000.0
40	区画40	400,000.0	400,000.0
41	区画41	410,000.0	410,000.0
42	区画42	420,000.0	420,000.0
43	区画43	430,000.0	430,000.0
44	区画44	440,000.0	440,000.0
45	区画45	450,000.0	450,000.0
46	区画46	460,000.0	460,000.0
47	区画47	470,000.0	470,000.0
48	区画48	480,000.0	480,000.0
49	区画49	490,000.0	490,000.0
50	区画50	500,000.0	500,000.0
51	区画51	510,000.0	510,000.0
52	区画52	520,000.0	520,000.0
53	区画53	530,000.0	530,000.0
54	区画54	540,000.0	540,000.0
55	区画55	550,000.0	550,000.0
56	区画56	560,000.0	560,000.0
57	区画57	570,000.0	570,000.0
58	区画58	580,000.0	580,000.0
59	区画59	590,000.0	590,000.0
60	区画60	600,000.0	600,000.0
61	区画61	610,000.0	610,000.0
62	区画62	620,000.0	620,000.0
63	区画63	630,000.0	630,000.0
64	区画64	640,000.0	640,000.0
65	区画65	650,000.0	650,000.0
66	区画66	660,000.0	660,000.0
67	区画67	670,000.0	670,000.0
68	区画68	680,000.0	680,000.0
69	区画69	690,000.0	690,000.0
70	区画70	700,000.0	700,000.0
71	区画71	710,000.0	710,000.0
72	区画72	720,000.0	720,000.0
73	区画73	730,000.0	730,000.0
74	区画74	740,000.0	740,000.0
75	区画75	750,000.0	750,000.0
76	区画76	760,000.0	760,000.0
77	区画77	770,000.0	770,000.0
78	区画78	780,000.0	780,000.0
79	区画79	790,000.0	790,000.0
80	区画80	800,000.0	800,000.0
81	区画81	810,000.0	810,000.0
82	区画82	820,000.0	820,000.0
83	区画83	830,000.0	830,000.0
84	区画84	840,000.0	840,000.0
85	区画85	850,000.0	850,000.0
86	区画86	860,000.0	860,000.0
87	区画87	870,000.0	870,000.0
88	区画88	880,000.0	880,000.0
89	区画89	890,000.0	890,000.0
90	区画90	900,000.0	900,000.0
91	区画91	910,000.0	910,000.0
92	区画92	920,000.0	920,000.0
93	区画93	930,000.0	930,000.0
94	区画94	940,000.0	940,000.0
95	区画95	950,000.0	950,000.0
96	区画96	960,000.0	960,000.0
97	区画97	970,000.0	970,000.0
98	区画98	980,000.0	980,000.0
99	区画99	990,000.0	990,000.0
100	区画100	1,000,000.0	1,000,000.0
合計		1,772,194	1,772,194

図 - 6 掘削土量計算書

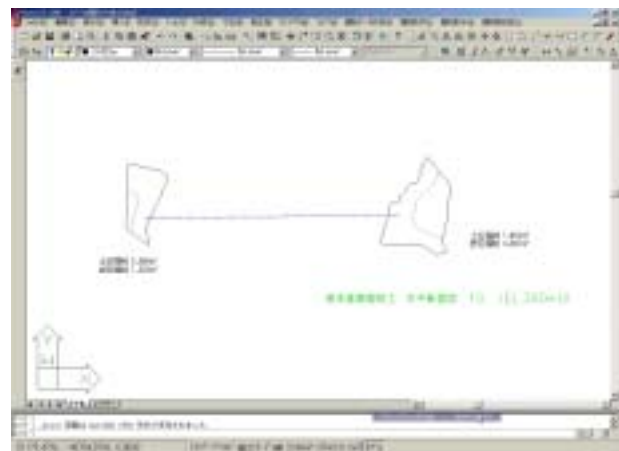


図 - 7 掘削土量スライス図

### 3.3 土工計画サブシステム

堤体形状指定で与えたパラメータ、掘削形状及び堤体盛立機能で作成した堤体を基に盛立土量の算出を行う機能である。この機能は、単に堤体盛立土量を算出するのみでなく、「原石山設計掘削線作成システム」と連動し、原石山材料に応じた盛立土量の計算を行う機能を有している。これにより、工程管理・施工計画に利用可能で、盛立状態もイメージ出力できる。(図 - 8,9)

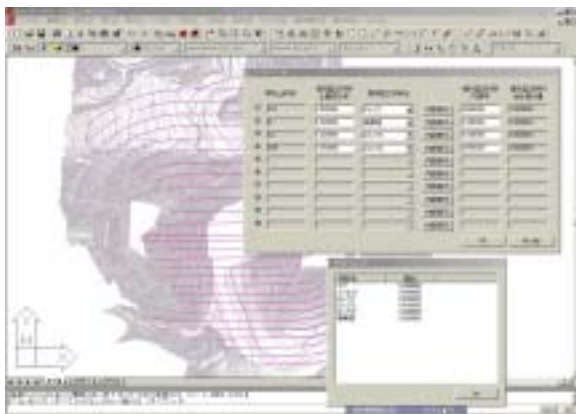


図 - 8 原石山材料から盛立土量への計算

区画ID	区画名	盛立体積 (m³)	土量 (m³)
1	区画1	10,000.0	10,000.0
2	区画2	20,000.0	20,000.0
3	区画3	30,000.0	30,000.0
4	区画4	40,000.0	40,000.0
5	区画5	50,000.0	50,000.0
6	区画6	60,000.0	60,000.0
7	区画7	70,000.0	70,000.0
8	区画8	80,000.0	80,000.0
9	区画9	90,000.0	90,000.0
10	区画10	100,000.0	100,000.0
11	区画11	110,000.0	110,000.0
12	区画12	120,000.0	120,000.0
13	区画13	130,000.0	130,000.0
14	区画14	140,000.0	140,000.0
15	区画15	150,000.0	150,000.0
16	区画16	160,000.0	160,000.0
17	区画17	170,000.0	170,000.0
18	区画18	180,000.0	180,000.0
19	区画19	190,000.0	190,000.0
20	区画20	200,000.0	200,000.0
21	区画21	210,000.0	210,000.0
22	区画22	220,000.0	220,000.0
23	区画23	230,000.0	230,000.0
24	区画24	240,000.0	240,000.0
25	区画25	250,000.0	250,000.0
26	区画26	260,000.0	260,000.0
27	区画27	270,000.0	270,000.0
28	区画28	280,000.0	280,000.0
29	区画29	290,000.0	290,000.0
30	区画30	300,000.0	300,000.0
31	区画31	310,000.0	310,000.0
32	区画32	320,000.0	320,000.0
33	区画33	330,000.0	330,000.0
34	区画34	340,000.0	340,000.0
35	区画35	350,000.0	350,000.0
36	区画36	360,000.0	360,000.0
37	区画37	370,000.0	370,000.0
38	区画38	380,000.0	380,000.0
39	区画39	390,000.0	390,000.0
40	区画40	400,000.0	400,000.0
41	区画41	410,000.0	410,000.0
42	区画42	420,000.0	420,000.0
43	区画43	430,000.0	430,000.0
44	区画44	440,000.0	440,000.0
45	区画45	450,000.0	450,000.0
46	区画46	460,000.0	460,000.0
47	区画47	470,000.0	470,000.0
48	区画48	480,000.0	480,000.0
49	区画49	490,000.0	490,000.0
50	区画50	500,000.0	500,000.0
51	区画51	510,000.0	510,000.0
52	区画52	520,000.0	520,000.0
53	区画53	530,000.0	530,000.0
54	区画54	540,000.0	540,000.0
55	区画55	550,000.0	550,000.0
56	区画56	560,000.0	560,000.0
57	区画57	570,000.0	570,000.0
58	区画58	580,000.0	580,000.0
59	区画59	590,000.0	590,000.0
60	区画60	600,000.0	600,000.0
61	区画61	610,000.0	610,000.0
62	区画62	620,000.0	620,000.0
63	区画63	630,000.0	630,000.0
64	区画64	640,000.0	640,000.0
65	区画65	650,000.0	650,000.0
66	区画66	660,000.0	660,000.0
67	区画67	670,000.0	670,000.0
68	区画68	680,000.0	680,000.0
69	区画69	690,000.0	690,000.0
70	区画70	700,000.0	700,000.0
71	区画71	710,000.0	710,000.0
72	区画72	720,000.0	720,000.0
73	区画73	730,000.0	730,000.0
74	区画74	740,000.0	740,000.0
75	区画75	750,000.0	750,000.0
76	区画76	760,000.0	760,000.0
77	区画77	770,000.0	770,000.0
78	区画78	780,000.0	780,000.0
79	区画79	790,000.0	790,000.0
80	区画80	800,000.0	800,000.0
81	区画81	810,000.0	810,000.0
82	区画82	820,000.0	820,000.0
83	区画83	830,000.0	830,000.0
84	区画84	840,000.0	840,000.0
85	区画85	850,000.0	850,000.0
86	区画86	860,000.0	860,000.0
87	区画87	870,000.0	870,000.0
88	区画88	880,000.0	880,000.0
89	区画89	890,000.0	890,000.0
90	区画90	900,000.0	900,000.0
91	区画91	910,000.0	910,000.0
92	区画92	920,000.0	920,000.0
93	区画93	930,000.0	930,000.0
94	区画94	940,000.0	940,000.0
95	区画95	950,000.0	950,000.0
96	区画96	960,000.0	960,000.0
97	区画97	970,000.0	970,000.0
98	区画98	980,000.0	980,000.0
99	区画99	990,000.0	990,000.0
100	区画100	1,000,000.0	1,000,000.0
合計		1,772,194	1,772,194

図 - 9 原石山材料に応じた盛立土量の計算

## 4.まとめ

上述のように、情報化の取組の一環として、作業の効率化を目的に「堤体概略設計支援システム」を開発した。得られた成果と今後の課題を以下に示す。

### 4.1 得られた成果

#### 地形データの電子化管理

地形データを3次元的に電子化することによって、データの追加や図面の修正および地形データ管理が容易となり、作業時間が大幅に改善できることとなった。

#### 堤体概略設計の自動化

数量算出等本来手作業あるいは機械的な作業を自動化することによって容易に掘削数量、盛立数量、図面作成、画像出力が可能となり、堤体設計の概略的な比較検討が可能となった。さらに、共通フォーマットによるデータの入出力可能とすることにより、既存のCADや表計算ソフトで利用可能となり、利用しやすくなった。これにより、作業量が大幅に短縮できることが期待される。

#### 施工計画の効率化

「原石山設計掘削線作成システム」と併せて用いることにより、概略設計検討のみならず、実施工中での工程管理・盛立管理にも利用可能である。これにより、施工計画を効率的に検討することができるものと思われる。

### 4.2 今後の課題

#### 安定計算の確認

開発したシステムは、堤体の安定計算を行うことができない。よって別途安定計算をする必要がある。

#### 地質データの電子化

今回は地質データの電子化は行っていない。従って、今後、地質データの電子化管理が必要である。先に開発した「原石山設計掘削線作成システム」では、既存の地質解析ソフトを用いているが、データの互換性や操作性に問題があり、今後これらを解決する必要がある。

#### セキュリティー問題への対応

今回は、パスワードによる管理を行ったが、開発したシステムの不正コピーや外部への流出防止の対策を考慮する必要がある。

## 5.おわりに

今回は、ロックフィルダムの堤体概略設計に対応するシステムを開発したが、これらのシステムを他ダムへ積極的に適用し、よりよいシステムを構築する必要がある。また、このシステムを用いて設計・施工計画における作業の効率化を目指していきたい。

## 参考文献

- 1) 伊藤邦展、山田雅勝、渡部信太郎、「丹生ダムのロック材採取計画検討におけるCADの有効利用について」、第34回水資源開発公団技術研究発表会 資料集、平成12年11月

# ITS導入による公共交通の利便性向上について（社会実験）

四国地方整備局 土佐国道事務所 調査第二課 山岡 敏之

## 1. はじめに

地方都市における公共交通は、交通弱者の移動支援や都市内交通混雑緩和をはじめ、地域の活動において重要な役割を担っている。高知都市圏では、公共交通利用者のうち約4割の方が乗り継ぎに不便さを感じており、その理由として、「乗り継ぎ情報について提供場所がわからない」、「表現がわかりにくい」、「情報の量が少ない」こと等が指摘されている（H13 公共交通利便性調査：以下「調査A」）。そこで、高知都市圏における公共交通の利便性向上をITS事業の一つである情報提供により支援する方策を検討目的として、「目的地までの適切な経路」、「路線」、「乗車時刻」、「乗り場」などの情報が出発前や移動中で得られるシステムをインターネットとIT機器などにより構築し、よさこい高知国体期間にあわせたサービス提供（社会実験）を行った。実験中はヒアリング調査などによる効果検証を行い、本格運用に向けての課題を整理した。

## 2. サービスの概要

### 2.1 公共交通乗り継ぎに関するニーズ

高知都市圏における公共交通乗り継ぎ情報提供に関するニーズを表-1に示す（調査A）。

表-1 高知都市圏における公共交通乗り継ぎに関するニーズ

情報提供手段	大型スクリーン、パソコン、携帯電話、案内板、施設内窓口
情報提供内容	出発時刻、出発場所、料金、経路、所要時間、待ち時間、運行状況
情報提供時期	出発前、移動中、乗り継ぎ時
情報提供場所	自宅、鉄道駅、空港等の交通結節点

### 2.2 サービスの概要と特徴

地域特性及び表-1を踏まえ実験サービスの概要を表-2のように設定した。

表-2 公共交通乗り継ぎ情報提供サービス内容

	地域特性・ニーズ	実験サービス概要
対象範囲	・公共交通インフラが発達	・高知市及び隣接市町村
対象者	・よさこい高知国体、よさこいピック開催 ・桂浜等の観光地が点在	・来訪者及び地域在住者
内容	・利用者が多い公共交通結節点は、高知駅、はりまや橋、高知空港 ・公共交通乗り継ぎ情報一元化が課題 ・乗り継ぎ箇所での情報提供は、時刻表などの張り紙や看板のみ ・目的地までの経路案内、時刻、乗換箇所等の情報提供が必要	・目的施設までの経路案内 ・出発時刻案内 ・料金案内 ・乗り場及びその周辺施設案内 ・乗り場へのバリアフリー経路案内 ・目的地情報 ・各種地域情報
情報提供方法	・高齢者や情報弱者への配慮 ・機械の操作に不慣れな方への配慮 ・既存の情報提供サービスの活用	・情報TV、情報キオスクを高知駅、はりまや橋、高知空港に設置 ・インターネットを活用し、パソコン及び携帯電話(i-mode)にて情報提供

### 3. 実験システムの概要と特徴

#### 3.1 要求機能に応じた情報提供機器選定及び表示内容

幅広い年齢層や機械操作に不慣れな方を対象とした情報提供サービスを行うため、情報を常時提供(プッシュ型)する情報TV、利用者が欲しい情報を自ら取り出すことの可能なリクエスト検索タイプ(プル型)の情報キオスク、パソコン、携帯電話(i-mode)といった複数の情報提供機器によるシステムを構築した。目的地までの経路案内においては、県外からの来訪者の活用を考慮し目的地表示をバス停や駅名ではなく観光地及び施設名とした。



図 - 1 情報TV(左)と情報キオスク(右)

#### 3.2 ハード及びネットワーク構築

高知駅、はりまや橋、高知空港の情報提供拠点では、情報TVと情報キオスクを併設することでプッシュ型とプル型の両方の情報提供を可能とした。設置箇所が半屋外であり太陽光の影響を受けやすいことから、

情報TVには高輝度の50型高精細プラズマディスプレイパネル(PDP<sup>\*1</sup>)を採用した。また、画面情報を5分程度で一巡させるため、

時刻、経路、出発時刻等の動的情報をPDP画面で提供し、乗り場、周辺施設、バリアフリー等の静的情報については固定情報板に表示した。情報キオスクは、インターネット上の外部ページの参照を可能とし様々な情報収集を可能とした。ネットワークについてはアプリケーションの

メンテナンス性向上のため情報提供拠点及びサーバセンターをIP-VPN<sup>\*2</sup>で接続し、情報コンテンツをサーバ側で一元管理するとともに機器の遠隔監視・保守を可能とした。なお、IP-VPNで接続することにより、セキュリティが確保されたうえで遠隔拠点間ネットワークを専用線よりも安価に構築することを可能としている。

#### 3.3 ソフト開発

経路検索アプリケーションは、多様な公共交通機関(路線・高速バス、路面電車・JR)の運行情報をシームレスかつスムー

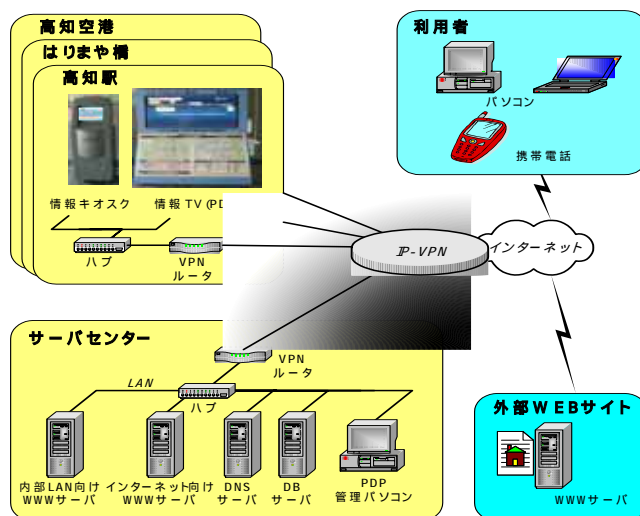


図 - 2 システム全体構成



図 - 3 情報キオスクトップページ

\*1 PDP(Plasma Display Panel) : コントラストが高く視野角が広い、見やすく、明るく、鮮やかなTVモニター

\*2 IP-VPN(IP-Virtual Private Network) : 伝送プロトコルをIP(インターネットプロトコル)に制限した仮想網領域サービス

ズに検索する必要があるため、軌道系交通機関のみを対象とした市販のプログラムは採用せず、今回の実験ではオリジナルのアプリケーションを開発した。さらに、検索の高速性を維持するため乗り継ぎ拠点を主要箇所限定するとともに、当該バス停や駅の運行情報のみを対象とするなど、経路案内に必要最小限の情報をデータベース化した。また、情報TVによる提供画面は経路検索結果とともに交通機関ごとのアイコン（漫画イラスト）によるアニメーションを取り入れ、一般利用者から親しみの持てるものとした。

#### 4. 社会実験概要と効果検証結果

##### 4.1 社会実験の目的と実施概要

実験サービス及びシステムの有効性及び導入効果を検証し改良に向けての基礎資料を得ること、今後の実運用に向けた課題を抽出することを目的とし実験を実施した。期間は、9月16日～11月14日の高知国体開催期間中の60日間であり、期間中の利用状況はパソコン2,068回、携帯電話615回、情報キオスクは高知駅4,372回、はりまや橋3,520回、高知空港2,837回であった。情報TVの利用状況は、少しでも見ていただいた方（認知者）はインタビュー調査期間(7日間)で高知駅と高知空港は約500名/日、はりまや橋約150名/日であった。



図 - 4 情報TV 経路案内画面

##### 4.2 効果検証調査手法と結果の概要

効果検証調査は、情報TV及び情報キオスクを設置した高知駅、はりまや橋、高知空港において利用者インタビュー等により実施した。被験者の抽出については、幅広い属性(年齢構成、行動目的等)が得られるよう考慮した。

##### 4.2.1 情報TV、情報キオスクの今後の活用意思

情報TV、情報キオスクともに、「活用したい」、「あれば使いたい」をあわせて8割以上の被験者が今後も活用したいとの意思を示した。

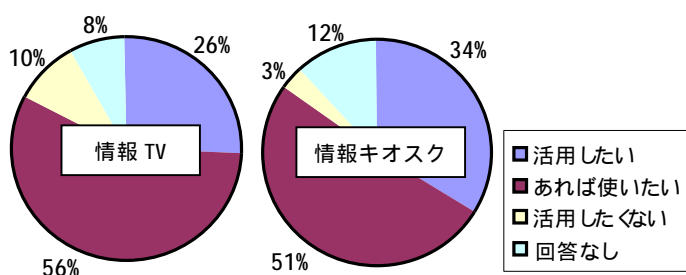


図 - 7 情報機器の今後の活用意思



図 - 5 社会実験状況（高知駅）



図 - 6 社会実験状況（はりまや橋）

#### 4.2.2 情報TV、情報キオスクで入手したい情報内容

情報TV、情報キオスクともに入手したい情報として乗り継ぎ情報のニーズが高かった。これらの情報機器で入手したい情報の調査結果を図-8及び表-3に示す。

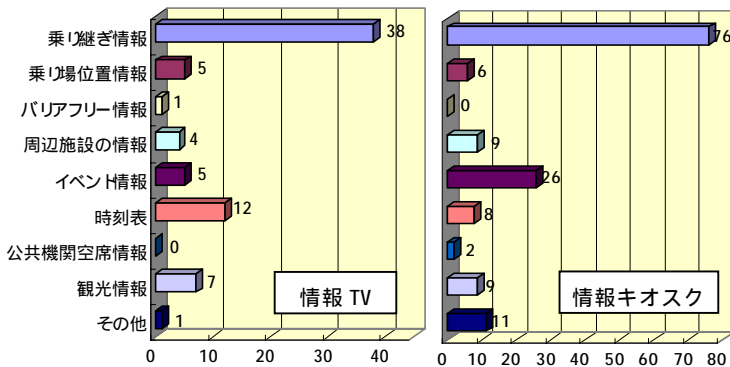


図-8 情報機器で入手したい情報

表-3 入手したい情報  
(自由回答)

- ・ 実験で情報提供されている目的地以外への乗り継ぎ情報
- ・ 目的地から出発地への戻り(帰り)の乗り継ぎ情報
- ・ 各バス停別の時刻表情報
- ・ 公共交通(JR,航空機)空席情報
- ・ ぐるりんバス(高知市内循環バス)の運行情報
- ・ モデル観光ルート情報

#### 4.2.3 情報入手に対する評価

「欲しい情報が得られたか」との質問に対して、情報TV、情報キオスクともに6割以上の方が得られたと回答した(図-9)。一方、欲しい情報を得ることが出来なかった理由は、情報TVでは「入手したい情報がなかった」が半数を占め、次いで「画面表示(遷移)速度が速すぎる」であった。情報キオスクでは、「入手したい情報がなかった」が8割以上であり、利用者が必要とする情報をわかりやすく提供することが必要であることがわかった。

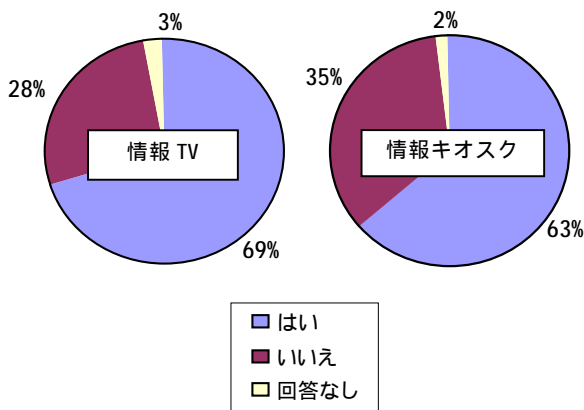


図-9 入手したい情報が得られたか

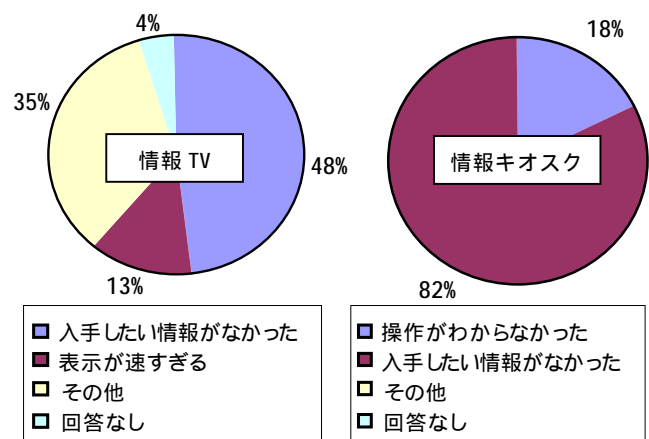


図-10 情報を得ることが出来なかった理由

#### 5. おわりに

情報内容や機器操作に課題はあったものの今後のシステム活用意思が高く欲しい情報が入手できたことなどから、実験サービスは公共交通利便性向上に有効であることがわかった。現在、公共交通乗り継ぎ情報提供サービスの本格実導入に向けて、学識経験者、高知県、交通事業者、民間等の関係者からなる実務者ワーキングにより情報内容やシステム運用方法等の検討を継続実施しているところである。今後は実験で得られた知見を踏まえ、JR 高架事業に伴う高知駅の改築等と絡めた地域における公共交通情報提供拠点整備を検討していくとともに、地域や来訪者のニーズに見合ったサービスを充実させていきたい。



# 乗用車専用道路の技術基準に関する調査・研究について

国土技術政策総合研究所 道路研究部道路研究室 研究官 保久原 均

## 1. はじめに

都市内ならびに都市近郊において、交通需要の増大に対応した道路構造が求められる中、コスト縮減、環境保全、道路空間の有効活用等の諸問題への一層の取り組みが必要となっている。そのため、これらの課題を解決する一方策として平成6年の道路審議会中間答申「21世紀に向けた新たな道路構造のあり方」の中に乗用車と小型貨物車のみが通行可能な「乗用車専用道路」の導入が渋滞緩和等の対策として提唱された。これに基づき、平成9年度より学識経験者、有識者等をふまえた委員会などを開催し、乗用車専用道路の幾何構造基準、交通運用指針に関する調査・研究を行ったものである。

## 2. 研究内容

### 2.1 幾何構造基準に関する検討

乗用車専用道路の構造基準に関しては、本省と国総研ならびに土木研究所とで連携しながら構造基準に関する種々の検討ならびに走行性・安全性に関する実験を行い、それを基に学識経験者と行政による研究会を設置し、構造基準・運用方針について検討を行い構造基準案の策定に至った。以下に国総研等にて行った検討概要を示す。

#### 2.1.1 設計車両

乗用車専用道路の設計車両諸元については、車両登録台数などの調査を実施し、道路運送車両法の5ナンバー及び市販されている3ナンバーのほとんどの車両を上回るように設定した。これは、自動車登録台数(平成7年東京都自動車登録台数)の90%の車両が通行可能であり、一般的な救急車両が通行可能となるように意図したものである。具体的な例として、車両の高さについては、平成9年度の首都高速道路の小型貨物車の積荷の高さについて調査を実施した結果、99%以上の車両が車高2.8m以下であったことから、設計車両高さは2.8mと定めた。

#### 2.1.2 横断面構成の縮小

横断面構成については、設定した設計車両諸元をもとに検討を実施した。第1種または第2種の自動車専用道路については、「自動車の速度と車線幅員の関係に

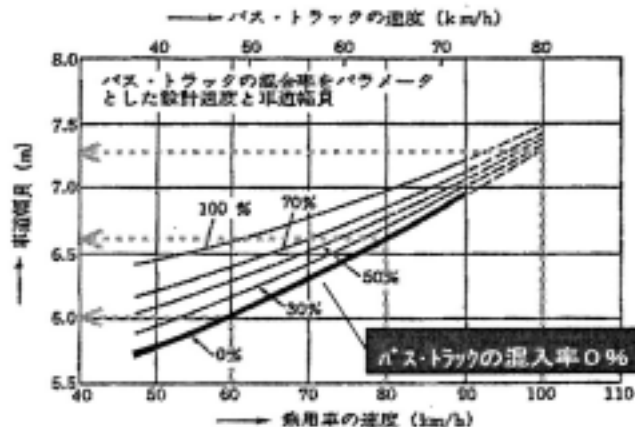


図-1 自動車の速度と車線幅員の関係



### 2.1.3 縦断勾配の緩和

縦断勾配は、登坂可能勾配に関する調査を実施した結果、現行の道路構造令の規定よりもかなりの急勾配まで通行可能であるが、降坂時の走行安全性ならびに積雪時の安全性が確認できないため、登坂時のみならず降坂時の走行安全性が確認されている現行の縦断勾配の特例値を乗用車専用道路の縦断勾配として設定した。ただし、設計速度 120km/h 及び 100km/h である道路については、上り勾配に関して計算すれば 4%までは速度低下することなく走行可能であるが、5%を超えると速度低下を生ずるので、これらの道路の縦断勾配は 4%を標準値とし、やむを得ない場合は、普通道路の縦断勾配の特例値までとすることができることとした。

## 2.2 分合流部における交通運用

乗用車専用道路は、車両制限をともなう道路のため、早い段階からの誘導と誤進入車両を正常なルートへの復帰を確実に行わなければならない。誤進入を防ぐためには、早い段階からこの先に車両制限道路が存在することを認識させる標識、ならびに利用車両の車両諸元をチェックし走行可能か否かを確認する施設(以下「チェック施設」という。)が必要である。チェック施設の設置箇所は、チェック結果による規制超過車両が適正車線に移行するために必要な距離を確保可能な位置とした。つまり、チェック施設通過後に規制超過車両が適正車線に移行できる場合を通常時、移行できずに停止行動をとる場合を非常時とし、通常時と非常時による必要長のいずれか大きい方の値を確保することとした。

ここで、通常時の必要長は、ブレーキを踏むかどうかを判断するまでの空走距離に車線移行に必要な距離を加えたものとした。一方、非常時の必要長は、制動停止視距とした。

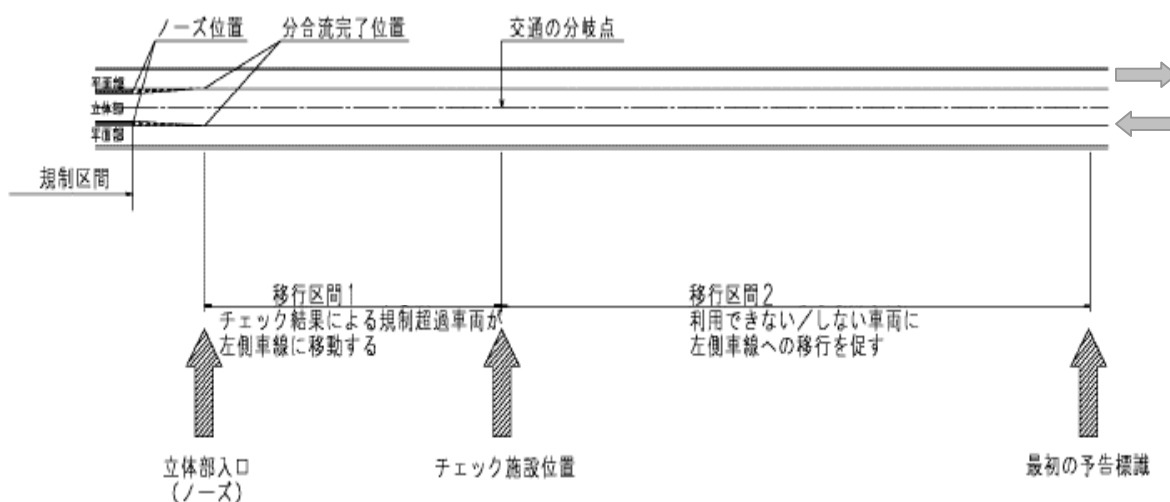


図-4 分合流部の施設配置例

### 3. まとめ

#### 3.1 乗用車専用道路の幾何構造基準

国総研等における調査・研究を基に定められた乗用車専用道路の幾何構造基準についての例を以下に示す。

設計車両

諸元 \ 設計車両	乗用車専用道路の設計車両	小型自動車	普通自動車
長さ	6m	4.7m	12m
幅	2m	1.7m	2.5m
高さ	2.8m	2m	3.8m
前端オーバーハング	1m	0.8m	1.5m
軸距	3.7m	2.7m	6.5m
後端オーバーハング	1.3m	1.2m	4m
最小回転半径	7m	6m	12m

横断面構成(例)

乗用車専用道路を設ける道路の区分	乗用車専用道路(小型道路)			普通道路		
	車線幅員	左側路肩	右側路肩	車線幅員	左側路肩	右側路肩
第1種第3級	3.25m	1.0m	0.5m	3.5m	1.75m	0.75m
第2種第2級	3.0m	1.0m	0.5m	3.25m	1.25m	0.75m

道路構造令においては、乗用車専用道路を「小型道路」、それ以外の道路を「普通道路」と規定している。

#### 3.2 乗用車専用道路の効果

都市内の渋滞箇所のうち、大型車の通行が別途確保され、かつ、大型車の混入率が少ない場所では、乗用車みの通行を確保するような断面とすることとして整備することにより、以下のような効果が期待できる。

渋滞緩和

土地利用、用地、工費などの問題が懸案となっている箇所について、立体交差の整備による抜本的な渋滞対策となる。

コスト削減

トンネルの断面縮小や橋を設計する際の車両重量を小さくすることで建設コストが削減される。(約1~3割のコスト削減)

事業の早期進捗

幅が狭いなどから、用地買収をする範囲を狭くしたりなくすことができ、事業のスピードアップが可能となる。

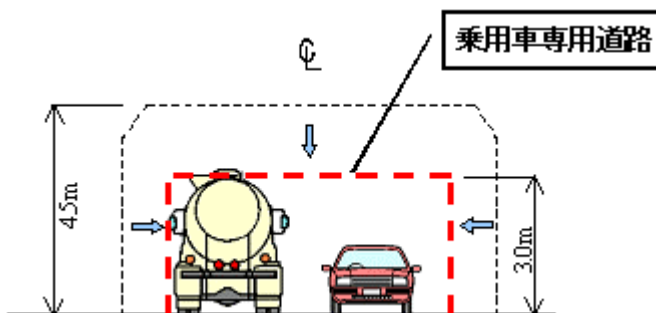


図-5 断面比較図



## 木ノ川高架橋（鋼・コンクリート複合トラス）の施工について

紀南河川国道事務所 建設監督官 小野 武

### 1. はじめに

那智勝浦道路は、和歌山県新宮市から那智勝浦町までの8.9kmの自動車専用道路であり、国道42号の交通混雑解消を目的に事業を行っている。木ノ川高架橋は、そのほぼ中央付近の木ノ川を渡河する橋長268mの橋梁で、発注方式については、橋梁上・下部の設計と施工をまとめて行う、設計・施工一括発注方式(デザインビルド方式)で発注した。入札の結果、上部工形式が国内初となる「ウェブに鋼管トラスを用いたPC橋(鋼・コンクリート複合トラス橋)：



写真 - 1 木ノ川高架橋

以下複合トラス橋という」を提案した鹿島建設(株)が受注し、平成13年10月から下部工の施工に着手し、平成15年3月に橋梁本体が完成した。本報では、昨年度に報告した本橋の設計編に引き続き、上部工の施工について報告を行う。

### 2. 複合トラス橋の概要

複合トラス橋は、PC箱桁橋のコンクリートウェブを鋼トラス斜材に置き換え、上下床版をプレストレストコンクリート構造とすることで、鋼構造とPC構造の相互の長所を組み合わせ、より合理的な構造を目指した鋼とコンクリートとの複合橋である(図-1、写真-2)。上下弦材に鋼部材を使用し、コンクリート床版と合成したトラス橋は珍しくないが、ここで言う複合トラス橋は、上下弦材ともコンクリート床版を用いている点に特徴があり、鋼トラス斜材を上下のコンクリート床版に直接結合させている。

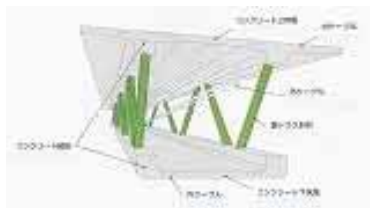


図 - 1 複合トラス橋



写真 - 2 主桁内部

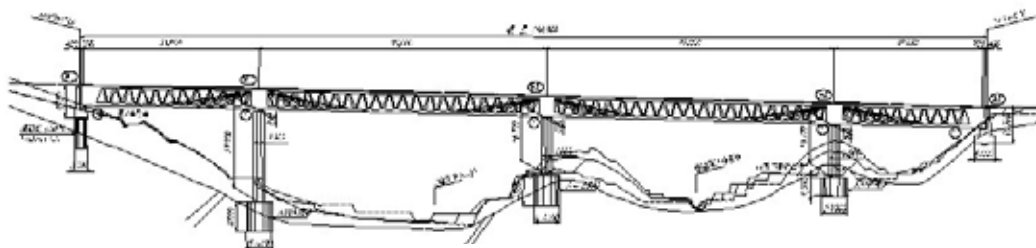


図 - 2 橋梁一般図

PC箱桁橋の主桁自重の10~30%を占めるコンクリートウェブを、軽量の鋼トラス斜材に置き換えることで主桁自重の軽減が図れ、上部構造だけでなく基礎・下部構造への負担の低減が可能となる。また鋼トラス斜材の橋軸方向の剛性が小さいためプレストレス導入効率の向上が図れるほか、コンクリートウェブの鉄筋・型枠組立、PCケーブル配置、コンクリートの打設等が省略でき、施工の省力化と工期の短縮が可能となる。このように複合トラス橋は施工性・経済性に優れており、鋼とコンクリートの特性を活かしたPC橋の新たな構造形式として注目されている。

### 3. 施工概要

主桁張出し架設手順図(図-5)と、主桁張出し架設状況(写真-3)を示す。

#### 3.1 施工上の課題

本橋で採用した「鋼製ボックス」を用いた格点構造の特徴は、引張斜材と圧縮斜材と

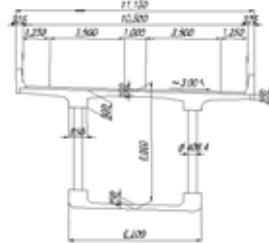


図-3 標準断面図

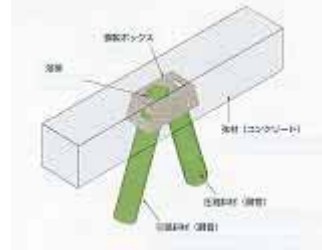


図-4 格点構造

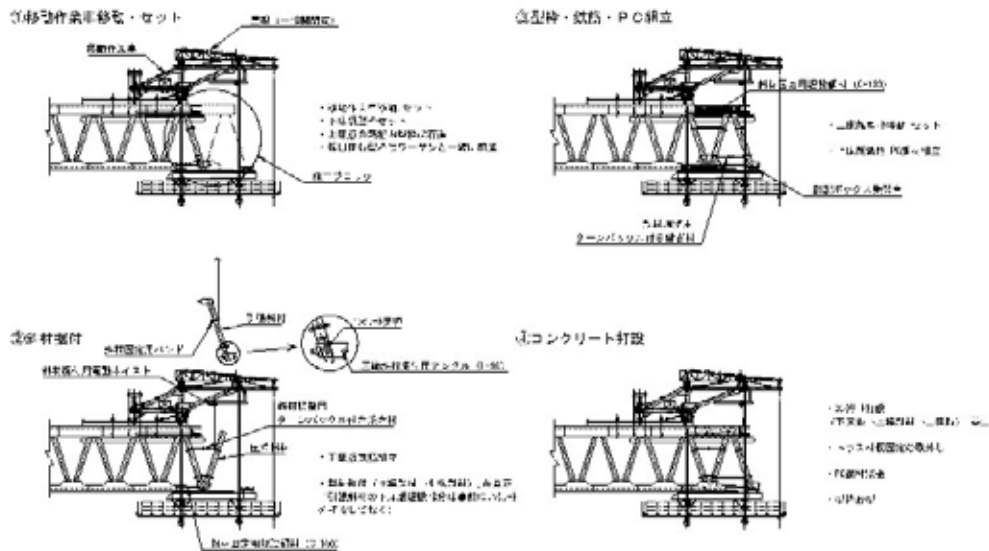


図-5 主桁張出し架設手順図



が

写真-3 主桁張出し架設状況

鋼

製ボックス内のコンクリートを介して一体化している点にある。トラス斜材は1本1本が独立しているためコンクリートを打設するまでは、施工誤差をある程度吸収できる構造となっている半面、コンクリート打設までの据付および仮固定方法が施工上の課題となった。また、上床版の縦桁下面からはトラス斜材が突き出す恰好となり、トラス斜材と縦桁底型枠の取り合い部分の処理が課題となった。

### 3.2 課題に対する対処方法

#### 3.2.1 移動作業車の屋根

張出し架設に用いる移動作業車には雨天時の対策として屋根を設置したが、その一部を開閉式とし、トラス斜材の架設は本線に隣接した工事用道路上に設置したクローラタワークレーンで容易に吊り込める構造とした(写真 - 4)。

#### 3.2.2 斜材架設用クレーン

移動作業車のメインフレームはウェブ(トラス斜材)上に設置するため、トラス斜材と移動作業車のメインフレームは平面的に一致する。このためトラス斜材を屋根の開口から直接セットするのは困難である。そこで、メインフレームに電動クレーンを別途取り付け、斜材を吊り替えて所定の位置にセットできる構造とした(写真 - 5)。

#### 3.2.3 トラス斜材固定用治具

トラス斜材は1本1本が独立しているため、玉掛け・据付位置調整・仮固定の機能をもった斜材固定バンド及び取付治具を製作し仮固定を行った(写真 - 6)。

#### 3.2.4 鋼製ボックス固定用埋設鋼材

トラス斜材の固定には上記の取付治具の他、鋼製ボックスどうしを溝形鋼(C-100)で連結し施工中の安定性を高めた(写真 - 7)。

#### 3.2.5 圧縮斜材設置用鋼材

圧縮斜材は、既設ブロックから突き出した引張斜材の下床版側の鋼製ボックス内に工場ですり取り付けたアングル上に乗せ、Uボルトで固定した(写真 - 8)。



写真 - 4 開閉式屋根



写真 - 6 斜材仮固定状況

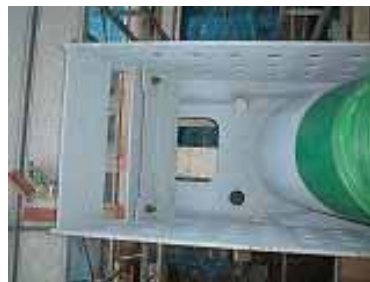


写真 - 8 圧縮斜材設置用鋼材



写真 - 5 斜材架設用クレーン



写真 - 7 斜材固定用鋼材



写真 - 9 斜材出口の型枠処理材



### 3.2.6 上床版縦桁とトラス斜材取り合い部の処理

斜材の設置誤差を考慮し、斜材の径より片側2cmずつ大きな開口を有する鋼製型枠を製作した。さらに、この2cmの遊間を塞ぐためにドーナツ状の透明アクリル板(幅7cm)を半割りにしたものを製作し、底型枠を設置した後に斜材の周囲に固定した(写真 - 9)。

### 3.3 鋼管・コンクリート接合部ウレタン防水工

下床版側の鋼管とコンクリートの接合部には、鋼管に沿って雨水・結露水が集まるため、水分がコンクリート内部に浸透することによる鋼管や鉄筋の腐食が懸念された。技術検討委員会での審議の結果、波形鋼板ウェブ箱桁橋の波形鋼板とコンクリートの接合部防水工にも実績があり、耐久性に優れたウレタン樹脂による防水工を採用した。



写真 - 10 ウレタン防水工

## 4. まとめ

設計段階に想定していた複合トラス橋の優位性を実施工を通じ確認できた。通常のPC箱桁橋と比較した利点は以下のとおりである。

#### 施工性の向上

ウェブ部の型枠・鉄筋・PC鋼材の組立・コンクリートの打設が不要となりトラス斜材の据付だけで済むため、工程の短縮が図れる(張出し架設1サイクルの所用日数は約1.5日短縮され、実働7.5日程度)。

#### 安全性の向上

ウェブ部施工用の足場作業が大幅に軽減され、安全性が向上する。

#### 作業環境の向上

張出し架設施工時の桁内は通風性・採光性に優れ、安全性も含め作業環境が向上した。また、品質・出来形についても、斜材の据付精度や橋面仕上がり高さなど、全測点において規格値(±20mm)をクリアした。

## 5. おわりに

複合トラス橋は、合理性やコスト縮減効果だけでなく、コンクリート箱桁のウェブが鋼管トラスに置き換わっているため、透明感があり、周囲の景観に溶け込みやすい利点もある。また、桁内の下床版上は通風が良く、十分なスペースが確保出来ることから桁内に歩道や展望スペースを設けるなど、付加価値を与えることも可能であり、今後、都市内や観光地、景勝地などでの採用も期待できる。公共工事のコスト縮減が強く求められている中、橋梁形式選定においても、より合理的で経済的な構造形式の選定が求められている。本工事の施工を通じて、民間における技術開発を積極的に活用することで、橋梁計画の際の新たな選択肢を提供するとともに、今後の複合トラス橋普及への足掛かりとなれば幸いである。最後に、施工にあたり木ノ川高架橋施工管理検討会において三木教授(東京工業大学)および梅原教授(名古屋工業大学)をはじめ委員の方々にご指導をいただいた。関係各位に謝意を表す。

# 軟弱地盤対策におけるコスト縮減 ～ 試験盛土による軟弱地盤の評価と対策工法の選定 ～

九州地方整備局 福岡国道事務所 有明海沿岸道路出張所 下尾崎隆博

## 1. はじめに

有明海沿岸道路は福岡県大牟田市と佐賀県鹿島市を結び、地域発展の核となる都市圏の育成や地域相互の交流促進、空港、港湾等の広域交通拠点との連携等に資する地域高規格道路である。計画図を図-1に示す。

当該道路は全線において図-2に示すように10m前後の厚さで存在する有明海周辺部特有の軟弱粘性土上を通過する。現計画では、一般盛土部は一部を除き、5～9m程度、また、橋梁取付け部等では一部10数mの高盛土で計画されている。

当該地区の粘性土に関する既存データを用いた事前検討では、無対策で構築可能な限界盛土高さは、3～5m程度と考えられた。このため、ほぼ盛土区間全線にわたって何らかの地盤強度増加対策が必要とであることが予想され、地盤対策費が膨大になると考えられた。

以上のことから、当該道路の設計・施工のより一層の合理化を目的として、「有明海沿岸道路軟弱地盤対策工法検討委員会」を組織し、この中で、新技術・新工法を含めた実大試験盛土等の種々の検討を行なってきた。その結果を踏まえて、必要とされる設計水準や、新技術・新工法の適用性、調査・設計・施工・品質管理の合理化等に関する、福岡県内の有明海沿岸道路独自の「技術基準」を策定した。この基準に基づき、軟弱地盤対策工の大幅なコスト縮減を図る工法の選定を行なうものである。

## 2. 試験盛土の概要

試験盛土の実施場所は図-1に示す二ヶ所で、大牟田市側が昭和開地区、大川市側が高田町地区である。両地区とも軟弱地盤の層厚は7～10m程度であるが、高田町地区のみ中間砂層を挟在する。地盤調査の結果から両地区ともに、当初の想定よりもシルト分が多く、やや良好であるが、ここでも、限界盛土高さは5m程度と考えられ、盛土高さがその程度の場合でも圧密終了までの期間が数年以上必要となることから、最低限の対策として圧密促進が必要と考えられた。

以上の調査結果を踏まえ、実大試験盛土を計画した。事前の検討結果から、地盤の力学特性の確認を目的とした無処理盛土と、対策工法の適用性の確認を目的



図-1 有明海沿岸道路計画図(福岡県)

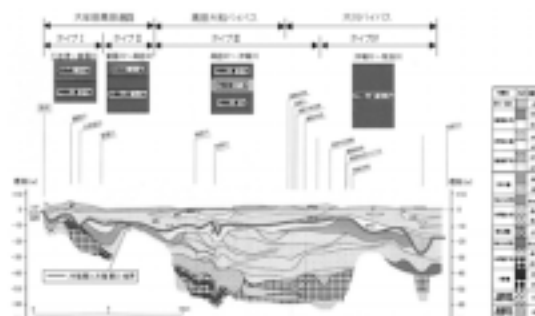


図-2 概略地質状況

とした7種類の工法を用いた試験盛土を施工した。

試験盛土の全体的な目的としては、以下の点を挙げる事ができる。

- 1) 当該地区粘性土の力学特性の把握
- 2) 各種対策工法の適用性
- 3) 将来の性能規定化を念頭に置いた施工管理・品質管理手法
- 4) 合理的な設計手法
- 5) 変形予測手法
- 6) 地下水等の環境への影響

表-1 に、試験盛土で採用した対策工法を示した。

表-1 試験盛土の対策工法

サイト	工法	対策工法	盛土形状				工法概要	目的	模式図
			盛土高 m	法勾配	天端幅 m	縦断延長 m			
昭和開地区		無処理	7.2	1:1.8	14	14	無処理 当初 5m で計画したが、安定していたため 7.2m まで施工	無処理地盤の評価	
		補強盛土 + PD	8	1:1.8	22	40	安定に補強土, 圧密促進に PD	補強盛土と圧密促進工法の技術基準と適用性。	
		GCP+PD	8	1:1.8	22	40	安定に GCP, 圧密促進に PD 液状化対策にもなる。	GCP の技術基準、適用性。	
		補強土壁 + 深層混合処理 (擁壁)	5	1:1.5	15	40	安定に深層混合処理, 圧密促進に PD 深層混合は改良率(78.5%及び 50%), 改良幅を変更	深層混合処理工法の技術基準 (滑動・転倒の必要性)。急勾配補強土壁での深層混合処理地盤の挙動。	
		B + PD	8	1:1.5	15	25			
		C	10	1:0.5	22	25			
		補強土壁 + 深層混合処理全面改良 (橋台)	10	直壁	22	38	直壁の補強土壁の安定に深層混合処理 補強土壁背面部は深層混合処理による段差緩和	直壁(橋台相当)に対する深層混合処理地盤の挙動。段差緩和工法の適用性	
	浅層混合処理 + 低改良率深層混合処理 (非着底) 新工法	8	1:1.5	15	40	深層混合処理 22% 浅層混合処理厚 1m 浮き基礎 (ローディングタイプ) 地下水を遮断せず環境にやさしい。	比較的安価で、急速施工が可能な新工法の技術基準、設計手法および適用性。		
	浅層混合処理 + 低改良率深層混合処理 (非着底) 新工法	8	1:1.8	22	40	深層混合処理 12% 浅層混合処理厚 3m 浮き基礎 (ローディングタイプ) 地下水を遮断せず環境にやさしい。	比較的安価で、急速施工が可能な新工法の技術基準、設計手法と適用性(低コスト版)。		
高田町		新軽量盛土 + 浅層混合処理 新工法	7	1:1.0	22	22	原地盤土を使用した気泡混合軽量盛土 不同沈下防止に浅層混合処理	新工法の技術基準、設計法、適用性。	

注：PD (プラスチックボードドレン)、GCP (グラベルコンパクションパイル)

軟弱地盤対策工法は大きく二種類に分類することができる。近接施工を想定して変形を 10 cm 程度以内にする必要がある箇所での深層混合処理 (DMM) などの固化系地盤処理や軽量盛土を用いた工法と、もう一つは、盛土の安定のみを目的とした補強盛土等の工法である。また、本試験盛土では、軟弱地盤対策工法の設計・施工の合理化を目指して、新技術・新工法を積極的に取り入れた。

### 3. 試験盛土結果による地盤条件の再評価

試験盛土は、無処理盛土も含めて、安定管理上は全く問題なく試験盛土が構築できた。特に地盤条件の再評価に重要となる、無処理盛土 ( ) について検討を行い、地盤の再評価を行なった。

無処理盛土の中心部における地表面沈下量は盛土立上り後約 13 ヶ月経過時で

123.5 cmである。この時点の水平変位の最大値は約18 cmであり、松尾・川村の安定管理図(図-3)によると、レベル2に達した程度で、破壊傾向時特有の水平変位の増大(安定管理線が急激に図の右方向へ向かう状況)が見られず、十分に安定していると考えられた。この時点の盛土高が、7.2mであることから、当初の設計用強度定数は過小評価と考えられ、見直しが必要であると考えられた。また、圧密沈下についても、過剰間隙水圧の発生量も低く、沈下が事前予測より早く進行していることから、圧密特性の見直しも必要と考えられた。

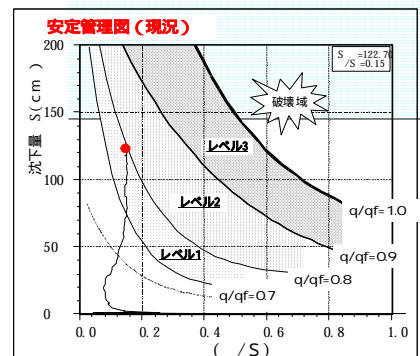


図-3 無処理盛土の松尾・川村の安定管理図

まず、強度特性の見直しについては、三成分コーンの結果や、一軸圧縮試験の粘土分含有率等の補正を実施した結果、事前の  $c_u=7.9+1.2Z$  を  $13.5+1.2Z$  と見直すことが妥当と考えられた。また、無処理盛土での盛土後の基礎地盤における強度増加を三成分コーンで測定すると、強度増加率  $m$  は0.4程度となり、強度増加も0.3以上期待できることがわかった。また、ボーリング調査では明確でない表層の硬化層も、三成分コーンを用いると確認可能であった。以上より、一軸圧縮試験のみではなく、三成分コーンや三軸  $\bar{C}U$  試験、SBIFTなどから、総合的に設計用地盤定数を設定することが重要である。

表-2 設計用地盤定数の見直し

	当初 設定値	調査結果 (昭和開)	試験盛土 後見直し
自然含水比 $W_n(\%)$	110 ~ 80	65 ~ 55	-
自然間隙比 $e_0$	2.478	1.5 ~ 1.8	-
粘着力 $C_u(kN/m^2)$	$6.2 + 1.11Z$	$7.9 + 1.2Z$	<b><math>13.5 + 1.2Z</math></b>
強度増加率 $m$	0.25	0.3	<b>0.4</b>
圧縮指数 $C_c$	0.83	0.4 ~ 0.6	0.4 ~ 0.6
圧密係数 $C_v$ ( $cm^2/day$ )	140	700	<b>2000</b>

また、圧密係数に関しては、事前設計値の  $700 cm^2/day$  を圧密試験の平均値に近い  $2000 cm^2/day$  に見直すことによって妥当な計算値となり、この地盤条件では、ドレーン等の圧密促進の必要性は低いことがわかった。設計用地盤定数の見直しをまとめて表-2に示した。

#### 4. 設計水準の設定

地域高規格道路である有明海沿岸道路の設計水準については、道路土工指針等の設計基準の性能規定化を考慮し、性能規定的な考え方に基づいて設定することとした。性能規定化は設計の考え方を再整理しようとするもので、設計手法そのものが抜本的に変わるものではない。設計水準の設定イメージを図-4に示した。この場合施工管理・品質管理が重要となるため、新しい考え方や手法についても検討を行なった。

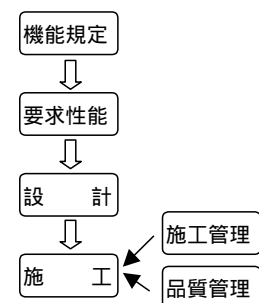


図-4 設計水準設定の流れ

#### 5. 軟弱地盤対策工法の評価と選定

試験盛土の動態観測結果から、どの対策工法も十分に安定していたため、変位と沈下について、以下のような評価を行なった。

##### 1) 対策工施工時の地盤変位

図-5に法尻から1mの位置で対策工施工時の変位を示した。この結果より以下のような評価ができる。

- ・ 対策工法が近接施工に適した工法  
補強盛土+PD( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、  
( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

2) 盛土施工時の地盤変位

図-6 に盛土施工時の変位を図示した。

この結果より以下のような評価ができる。

- ・ 近接施工に適した工法(水平変位)  
従来型 DMM78.5%全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )
- ・ 近接施工に適した工法(鉛直変位)  
GCP+PD( )、従来型 DMM 工法( B)、従来型 DMM78.5% 全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

ただし、いずれの工法でも、法尻から 5~10m 程度離れた位置では、鉛直・水平変位ともにほとんど発生せず、盛土勾配を急にして近接構造物との離隔を確保するような方法も有効であると考えられる。

3) 盛土中央部における沈下抑制

盛土高さとの比を図-7 に示した。この結果、以下のような評価ができる。

- ・ 沈下抑制効果が高い工法

従来型 DMM78.5%, 50%全面改良( )、浅層混合処理+低改良率 DMM( )、原地盤土を用いた軽量盛土( )

道路供用時に通常問題となるのは、残留沈下であるが、長期沈下等の観点からは、対策コストが同程度であれば、盛土中央部の沈下量が小さいほうが望ましいと考えられる。

以上のような試験盛土を通じた検討から、表-3 に示すような対策工法の選定が考えられる。

6. まとめ

これまでの軟弱地盤対策においては、用地の制限等より実大試験盛土を実施することなく地盤評価を行なっていたため、安全側という観点から地盤特性を過小評価することが多かった。今回、実大試験盛土を含めた種々の検討を行い、福岡県内の有明海沿岸道路における独自の「技術基準」を策定した。この基準に基づき、適正な調査による地盤の力学特性の適正な評価と、新技術・新工法の採用によって、当初計画より大幅なコスト縮減がはかれることが明確となった。今後は、軟弱地盤対策工法の設計、道路実施設計にこの成果を生かしていきたい。

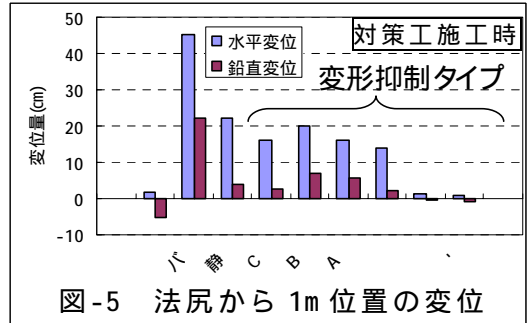


図-5 法尻から 1m 位置の変位

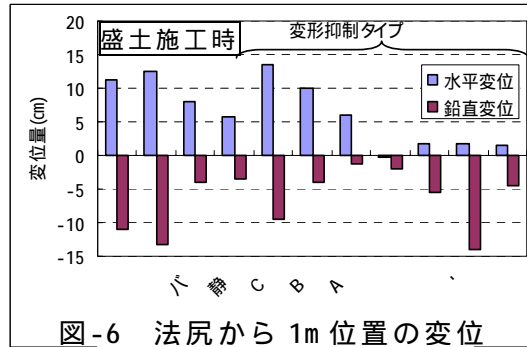


図-6 法尻から 1m 位置の変位

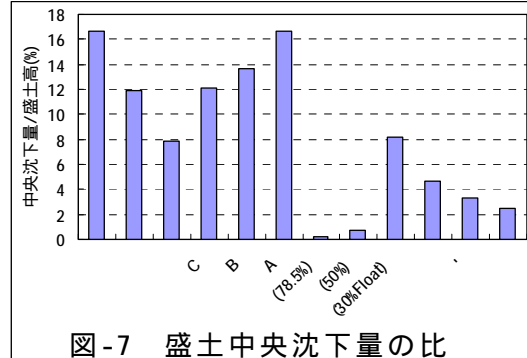


図-7 盛土中央沈下量の比

表-3 対策工法の選定

試験盛土	対策工法	改良目的		主な適用分類			対策工費
		沈下対策	安定対策	側方変位対策	高盛土 (>8t)	通常盛土 (8t)	
	無処理						安
	補強盛土						↑ 高
	補強盛土+浅層混合						
	浅層混合+低改良率 DMM 軽量盛土						

# 高速道路の有効活用による新新バイパスの渋滞緩和を狙った『阿賀野川ゆとり通勤大作戦』について

新潟国道事務所 調査課 小越千春

## 1. はじめに

日本の道路は終戦直後の状況に比べれば格段によくなった。今ではどの道でも舗装され、道路は質、量ともに飛躍的に向上した。ところが一方で、交通渋滞や交通事故等の交通公害は深刻化しており、「道路整備」だけでなく「既存道路の有効活用(分担率の適正化)」も行っていくことが必要になってきている。なかでも高速道路等の幹線道路を効果的に活用していくことは重要な視点となっている。これは新しい道路行政の一つの方向である「つくる」から「使う」への転換(道路を造るだけでなく、既存ストックの有効活用)という施策である。

新潟国道事務所では、学識経験者、日本道路公団北陸支社、新潟県土木部、新潟県警、沿線自治体等の関係機関の協力のもと高速道路の時間帯料金割引『阿賀野川ゆとり通勤大作戦』を実施することとし、割引実験という市場調査を行いつつ、実験の多角的効果—並行する一般国道の渋滞緩和、環境改善効果、経営効果(料金収入への影響)等を検討することとした。

## 2. 新潟都市圏の事情

新潟都市圏は、日本海に沿って東西に細長く広がっており、ここでは新潟市を中心とした通勤交通の流れがあるため、朝夕の通勤時には信濃川や阿賀野川などを渡河する橋梁部に交通が集中し慢性的な交通渋滞が発生している。



特に一般国道7号「新新バイパス」を含む阿賀野川大橋付近では毎朝の渋滞に巻き込まれたくない新発田方面から新潟市へ向かうドライバーが午前6時過ぎから集中するなど、深刻な状況にある(図-1)。

このような交通状況の中、平成14年5月、橋梁部の渋滞が緩和されると期待された、新新バイパスと並行する日本海東北自動車道(以後、日東道という)新潟空港IC～聖籠新発田IC間が開通した。その効果を確認すべく、日東道の利用状況が安定した平成14年7月上旬に交通量・渋滞状況の調査を実施したものの、阿賀野川断面での日交通量は新新バイパスは約90,000台、日東道は約3,200台、また新新バイパスの最大渋滞長は約5,200mという結果であり、渋滞状況は、日東道の開通により多少緩和されたものの、依然深刻な状況が続いていることが確認された。

### 3. 実験の概要

このような社会実験は全国でも例がないため、その実験方法は検討会において調整を行い、以下のように設定した。

#### (1) 期間・時間帯

平成14年9月30日(月)～10月4日(金)の5日間・午前6時30分から9時迄の通勤時間帯

#### (2) 対象車両

普通車と軽自動車のみ

#### (3) 対象区間

区間は、日東道の聖籠新発田ICから新潟西IC間とし、入口ICは、阿賀野川以北の聖籠新発田IC、豊栄新潟東港ICの2箇所、出口ICは新潟市内にある4箇所限定した。今回の実験では新発田市方面から新潟市内へ向かう利用者限定した(図-2)。

#### (4) 高速道路料金の割引

通常料金の「半額」(100円未満は切り捨て)(表-1)。

#### (5) 料金の支払い方法

割引対象車両に入口ICで高速料金割引券を受取り、出口IC料金所で通行券と割引券を料金収受員に渡すこととした。

①料金支払いが現金の場合:割引後の料金を支払う。

②ハイウェイカード等の場合:機械で処理するため、カードからは通常料金を引き落とし、その場で割引相当額を利用者に返却した。

③ETC利用者:ノンストップ方式では料金割引ができないため、入口ICで一般車ゲートを通行してもらい割引券を受け取れば割引対象とした。

なお、実験に対する意見や時間短縮効果を把握するためのアンケート用のハガキを割引券と一緒に配布した。

### 3. 実験結果

#### (1) 実験参加車両

5日間の実験参加車両の合計は約4,200台、一日平均850台となり実験前の同区間の利用台数と比較して、実験時間帯は2倍超の大幅な増加となった。



図-2 料金割引対象IC

入り口 降り口	聖籠新発田	豊栄新潟東港	新潟空港	新潟亀田	新潟中央
新潟西	400(900) 29.2km	300(700) 21.8km	(500)	(300)	(250)
新潟中央	400(850) 26.5km	300(650) 19.1km	(400)	(250)	
新潟亀田	300(750) 22.5km	200(550) 15.1km	(300)		
新潟空港	300(600) 16.5km	200(400) 9.1km			
豊栄新潟東港	(400)				

※ ( ) 内数字は割引前の料金  
( ) 外数字は割引後の料金

表-1 普通車の場合の料金表

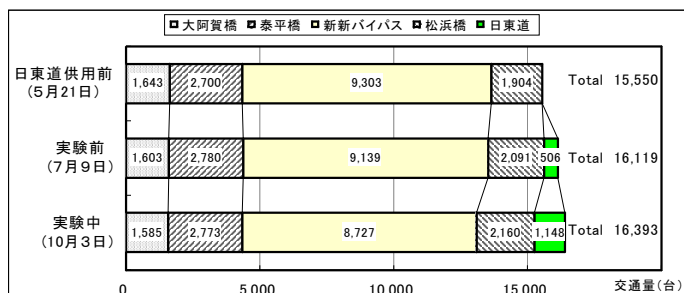


図-3 阿賀野川断面での交通量変化

(6:30～9:30上り線のみ)

## (2) 交通量の変化(通勤時間帯)

実験期間中(10月3日)は、実験前(7月9日)に比べ、新新バイパスの朝の通勤時間帯3h交通量は5%減少し約8,700台、日東道の交通量は実験前の約500台が「**倍増**」の約1,150台となった。その他の橋梁断面では大きな変化はなかった(図-3)。

## (3) 新新バイパスの渋滞緩和

### 1) 渋滞状況

新新バイパスの渋滞状況は、実験期間中は交通事故や隣接ICの渋滞等の影響により、日々変化した。しかし、実験期間中を平均すると、渋滞長は実験前(7月9日)約5.2kmに対して「**半減**」の約2.6kmと大幅な緩和が確認された。

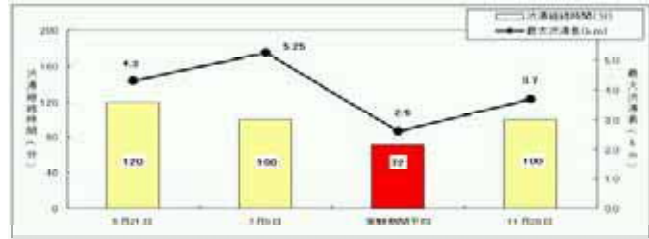


図-4 阿賀野川断面を先頭とした渋滞長および渋滞継続時間変化

渋滞継続時間は、実験前(7月9日)100分が、平均72分と約30%減少した(図-4)。

### 2) 旅行速度

区間別に旅行速度や所要時間を調査し渋滞損失額の変化を把握するため、道路利用者にもご協力を頂き可搬車載式GPS 80台を用いてプローブ調査を実施した。

一般国道7号新新バイパスの阿賀野川大橋付近の上り線(約7.5 km)について集計解析したところ、午前6時30分から9時30分の平均旅行速度は、試行前37.1km/hから49.2km/hと約12km/h上昇した。なお、この時間帯だけで渋滞損失削減額は年間約4億円と試算される。

## (4) 高速道路の料金所付近の渋滞

高速バスの位置情報提供システム「新潟バス-i」のプローブデータに基づき、日東道の新潟中央IC出口区間(約1.2 km)の旅行速度を比較したところ、実験前の31km/hが実験期間中は20km/hと、約10km/hの速度低下が確認された。

## (5) 環境改善効果

新新バイパス、新潟バイパス、日東道、その他アクセス道路の速度データを基に、渋滞緩和によるCO2排出量の変化を試算すると、新新バイパスと交通量が増えた日東道の合計で約3%の排出量削減になると試算された。

## 4. 道路利用者の意向把握

### (1) 概要

#### 1) 「はがきアンケート調査」・・・実験期間中(毎日)

実験参加者に延べ4,241通配布し、うち2,030通(約50%)回答があった。

#### 2) 「詳細アンケート」・・・実験後

はがきアンケート回答者のうち約900名に郵送し、うち686名(約75%)の回答があった

### (2) アンケート集計結果概要

・普段の高速道路利用状況について「1ヶ月に数回以下の利用」が約7割。



・通勤に高速道路を利用した感想については、「高速道路による通勤は快適である」や「時間短縮効果もあった」が約9割にもおよんだ。

・今後も半額割引が継続されたら、約5割が「ほぼ毎日利用」、約4割が「1週間に数回利用」と回答した。

・実験参加理由は、「料金が安かった」との回答が約8割を占めている。

・実験期間中の高速利用回数(図-5)

実験期間中の参加車両はほぼ毎日800台程度と安定していたにもかかわらず、「5回利用」は約2割、「1~2回」が5割となっている。

・時間短縮効果は、ほとんどの実験参加者から、時間短縮効果が確認されたとの回答となっており、中でも20分以上の時間短縮効果があったとの回答が約6割にもなっている。

・今後の料金割引の手法(図-6)

「道路公団独自の経営努力で割引」との意見が約4割あったものの、一方で「国や自治体の補助」や「思い切った税金投入」との意見も約5割と高くなっている。

・その他多くのご意見をいただいた。



図-5 実験期間中の  
高速道路利用回数

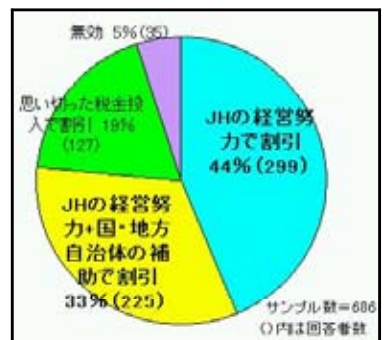


図-6 今後の料金割引  
の手法

## 5. おわりに

今回の実験では、短期間(5日間)・区間限定・通勤時間帯限定・料金半額という条件ではあるが、「高速道路の交通量倍増で減収なし」しかも「新新バイパスの渋滞半減」という好結果を確認することができた。また、アンケート結果からも、高速道路料金割引への関心度は極めて高く、割引には自治体の補填や税金投入も容認という意向も明らかになった。

このように今回の実験結果は、道路を造るだけではなく、既存ストックの有効活用、「つくる」から「使う」への転換施策に向けて、道路行政だけではなく道路利用者にも新しい風を送り込むことができた。

平成15年度は、「有料道路の料金に係る社会実験」のスキームのもと、今回の実験の有効性を確認するため、新潟県とともに学識経験者や関係機関による協議会(新潟ゆとりロードネット)を立ち上げ、さらに積極的に検討を進めている。その結果、10月1日からETCを含めた日東道を活用した長期実験を開始し、11月には北陸道・磐越道を活用した短期実験を実施することになった。

実験結果の詳細や今後の取り組みについては、新潟国道事務所のホームページ「みちなび新潟」(<http://www.2159.go.jp>)を参照願います。

最後に、本件について多大なるご支援ご協力をいただいた方々に深く御礼を申し上げますとともに、今後も皆様方のご指導ご協力をお願い申し上げます。