

# 半田市下水道クイックプロジェクト 社会実験に関する調査研究

## 1. 研究目的

国土交通省では、平成18年度に下水道未普及解消クイックプロジェクトを発足させ、地域特性を踏まえた低コストで早期の整備が可能な新たな整備手法を導入する社会実験を実施している。

本研究は、半田市が採択された「発生土の管きょ基礎への利用」の性能評価に関わるデータを分析・考察し、本技術の有効性を検証するものである。

## 2. 研究内容

本研究は、乙川処理分区、中央処理分区、阿原処理分区、及び北浦処理分区において平成19年、及び20年に「発生土の管きょ基礎への利用」を適用して施工された路線を対象として検証を行うものである。

### 2.1 社会実験実施地区

社会実験実施箇所を図-1に示す。

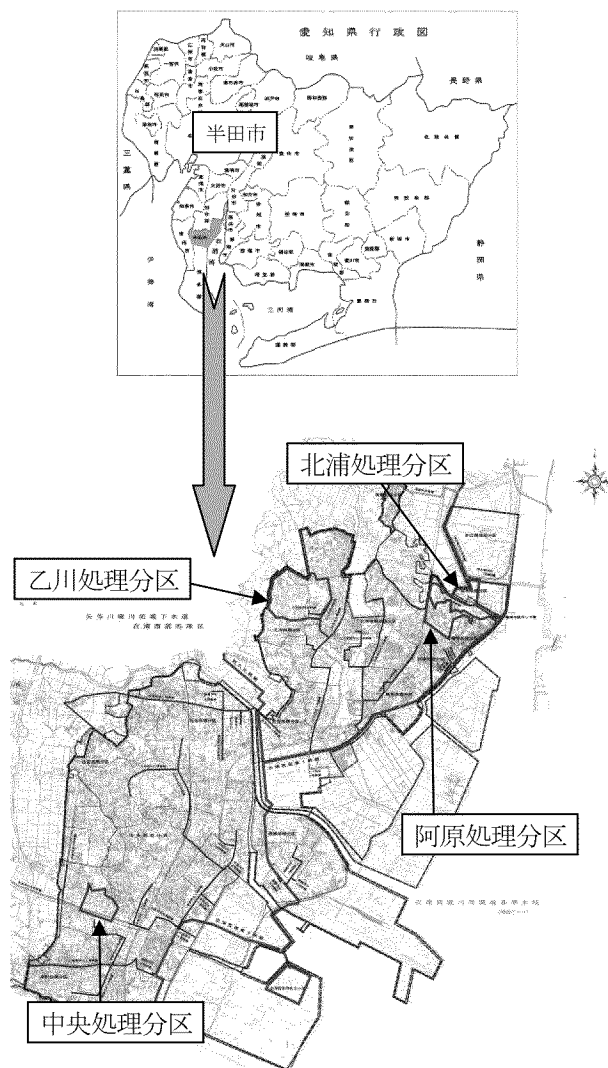


図-1 社会実験実施地区 位置図

2.2 検証項目

各路線における検証項目を表一に示す。

表一 各路線検証項目

処理 分区	検証路線	設計路線 番号	コスト		舗装へ の影響	管体へ の影響	基礎材料 の適応性	工期の 短縮	埋戻基礎 材料	車両 交通	掘削断 面区分
			発生土	複断面							
乙川	D-3	3084	●		●	●	●	●	発生土	多い	
	D-6	3085			●	●	●	●	改良土	多い	
	D-7	3085-6	●		●	●	●	●	発生土	多い	
	E-3	3024			●	●	●	●	発生土	普通	
	E-4	3086	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	E-5	3087			●	●	●	●	砂	普通	
	E-6	300			●	●	●	●	発生土	普通	
	E-7	303			●	●	●	●	発生土	普通	
	E-8	3011			●	●	●	●	発生土	普通	
	E-10	309	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	E-12	3090			●	●	●	●	改良土	普通	
	2E-7	2011			●	●	●	●	改良土	普通	
	2E-8	1131-1			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-9	1132-6			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-10	1044	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-12	1033			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-13	1036	●		●	●	●	●	砂	普通	
	2E-14	200			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-15	201			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-16	204	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-17	1019			●	●	●	●	発生土	普通	
2E-18	1015			●	●	●	●	発生土	普通		
2E-18	1015			●	●	●	●	発生土	普通		
2G-1	1128-1	●		●	●	●	●	砂	少ない		
2G-3	1022			●	●	●	●	発生土	少ない		
2G-4	1025			●	●	●	●	改良土	少ない		
2G-5	1138-1	●		●	●	●	●	発生土	少ない		
2G-11	1047			●	●	●	●	発生土	少ない		
中央	2D-1	1025-1	●		●	●	●	●	発生土	多い	
	2E-2	1030-1			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-2	1030-1			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-2	20021	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-4	20022			●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-5	2007	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	2E-20	20011	●		●	●	●	●	発生土	普通	
2E-21	20017	●		●	●	●	●	改良土	普通		
阿蘇	D-2	1076			●	●	●	●	発生土	多い	
	E-1	102			●	●	●	●	砂	普通	
	E-2	103			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-1	101			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-2	1016			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-3	1026			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-6	1086			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-6	1086			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-12	1084			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-12	1084	●		●	●	●	●	発生土	普通	
	F-13	106			●	●	●	●	発生土	少ない	
	F-13	106			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-17	1019-2			●	●	●	●	発生土	普通	
F-17	1019-2			●	●	●	●	発生土	普通		
北浦	G-1	1018			●	●	●	●	砂	少ない	
	G-2	1043			●	●	●	●	発生土	少ない	
	G-3	1040			●	●	●	●	発生土	少ない	
	G-5	1051			●	●	●	●	発生土	少ない	
	G-10	109	●		●	●	●	●	発生土	少ない	複断面
	D-4	300			●	●	●	●	改良土	多い	
	D-7	300			●	●	●	●	改良土	多い	
	F-9	701			●	●	●	●	改良土	普通	
	F-10	1010			●	●	●	●	発生土	普通	
	F-11	600			●	●	●	●	発生土	普通	
G-11	1000			●	●	●	●	発生土	少ない	複断面	
G-13	601			●	●	●	●	発生土	普通	複断面	

注) 検証路線の先頭に“2”を付している路線は、平成21年度検証対象を表す。

2.3 本技術の概要

管きょ施工時の掘削土を、そのまま管の基礎材として利用しようとするものであり、下水道整備そのものが困難な、人口密集地帯の下水道整備への適用が期待される(図-2参照)。

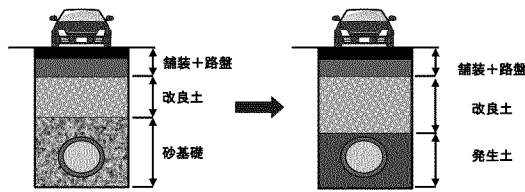


図-2 発生土の管きょ基礎への利用の施工概要

2.4 管基礎断面

管の基礎材料として従来の砂あるいは改良土を使用した場合(以下、「従来工法」という)の管基礎断面、及び今回検証対象となる発生土を使用した場合(以下、「新工法」という)の管基礎断面を以下に示す。

(1) 砂基礎, 改良土基礎(従来工法)

管の基礎材料として砂あるいは改良土を使用する場合の掘削底面は、管外径下端から100mm確保する。また、掘削幅は掘削深により図-3のように区別している。

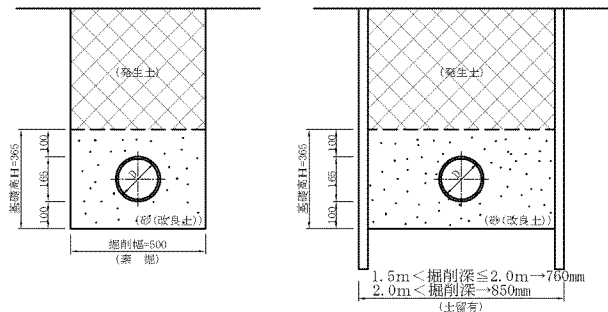


図-3 管基礎断面：従来工法

(2) 発生土基礎(新工法)

管の基礎材料として発生土を使用する場合は、管外径下端部より下面の地山を基礎の一部と見なせるため、半田市では基床部(図-4)を省略して、管外径下端部まで掘削し、掘削底面の地山を転圧してから管を布設することとしている。その際の掘削幅は従来工法の場合と同様としている。ただし、人力掘削で素掘となる場合は、基礎部分の掘削幅は管径+100mmとし、管基礎より浅い部分は通常の素掘の幅と同様としている(以下、複断面という)。複断面施工時の管基礎の締め固めは、タンパー等では施工できないため、人力により角材を用いて締め固めることとしている。

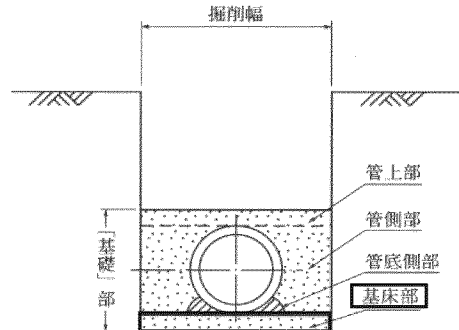


図-4 管基礎の名称

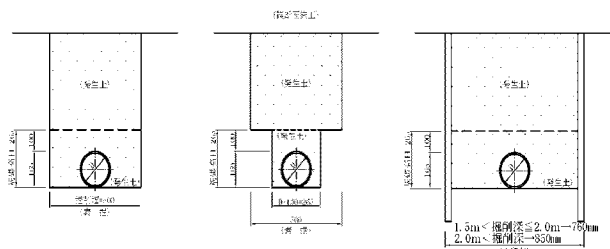


図-5 管基礎断面：新工法

### 3. 研究結果

#### 3.1 検証結果

各検証項目における目的と結果を以下に示す。

##### (1) 建設コストの縮減効果

新工法は、大型重機の進入が困難な場所での採用が有効である他、土砂の処理処分費が高くなる場所、施工箇所付近に掘削土仮置き可能で施工箇所の場内外におけるダンプの出入りが困難（通学路、住民の反対・通行制限等）な場所にも適用できると考えられる。ここでは、様々なケースにおける建設コスト縮減効果を把握するための検証を行う。

積算結果を用いたコストの縮減効果（検証路線全体、及び土留工パターン別）を表-3に示す。

表-2 コスト比較（路線全体）

規模	従来工法 (千円)	新工法 (千円)	縮減率 (%)
φ150 505m	9,499 (19)	7,766 (15)	18.2

注) ( ) 書きはm当り単価

- ・新工法により管基礎材を発生土とすることによる単価の差、及び購入砂分の残土処理費が縮減可能である。
- ・基床部を地山にすることで土工及び土留工費が縮減され、縮減効果が大きくなる。
- ・土留工パターン別のコスト縮減率は、土留が不要になる設計条件2の場合に最大となり50.3%となる。また、掘削深が浅い路線の方が工事費に占める基礎工の割合が大きいため、コスト縮減効果も大きくなる。

表-3 コスト比較（土留工パターン別）

設計条件	従来工法	新工法
条件1	<p>土留工無し（素掘り）</p>	<p>土留工無し（素掘り）</p>
	縮減率 7.6% (5,947千円→5,490千円)	
条件2	<p>土留工あり</p>	<p>土留工無し（素掘り）</p>
	縮減率 50.3% (2,483千円→1,234千円)	
条件3	<p>土留工あり</p>	<p>土留工あり</p>
	縮減率 2.5% (1,069千円→1,042千円)	

##### (2) 管基礎材としての適応性（土質条件）

管基礎材としての発生土利用について、流用が可能と考えられる関連基準を整理すると以下の2つが考えられる。

##### ① 質区分

発生土の利用基準については、「国官技第112号、国管総第309号、国営計第59号 平成18年8月10日（以下、発生土利用基準とする）に記載がある。強度が求められる下水道の管基礎材には、工作物の埋戻し欄を準用することが可能であると考えられるため、発生土の利用については、第1種及び第2種は利用可能であると考えられ、第3種については含水比低下、粒度調整等の改良を加えることにより利用が可能と考えられる。

##### ② 締固め度

下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版（社）日本下水道協会には、埋戻し部において液状化が発生しない締固め度として90%程度という数値があげられている。発生土においてもこの数値を施工管理の目安とすることが考えられる。

半田市において使用された基礎材のまとめを表-4に示す。

表-4 管基礎材のまとめ

	単位	建設発生土			改良土	砂
		第1種	第2種	第3種		
礫分の含有率	%	3~73	4~51	1~65	35~42	2~23
砂分の含有率	%	23~68	29~73		39~46	75~80
細粒分の含有率	%	3~15	15~48	10~64	12~23	2~17
CBR	%	14~28	4~31	5~15	23~52	30
最大乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	1.710	1.527	1.573	1.697	1.673
		~	~	~	~	~
(平均)	g/cm <sup>3</sup>	2.042	2.015	1.917	2.050	1.810
現場密度試験値	g/cm <sup>3</sup>	1.601	1.378	1.434	1.546	1.527
		~	~	~	~	~
(平均)	g/cm <sup>3</sup>	1.873	1.886	1.763	1.924	1.710
平均締固め度	%	1.762	1.670	1.601	1.692	1.639
	%	92.0	91.8	92.2	92.8	93.3

・発生土は全試料において締固め度 90%程度以上であり、土質区分は第1種~第3種(第3種は含水比調整後使用)であり、管基礎材としての適用が考えられる基準は満たしている。

(補足)

発生土の施工性について現場施工業者へのヒアリングを行った結果、多くの施工業者から、基準の締固め度を得るために、比較対象とした改良土よりも転圧回数を多くしているとの回答を得た。

また、転圧時の締固まり具合については、多くの施工業者から改良土と同等またはそれ以下の感覚を持ったとの回答を得た。

これらのヒアリング結果から、改良土と同等の管基礎材としての性能を得るためには転圧回数を多くする必要があると考えられる。

(3) 舗装への影響

発生土は、それぞれの現場で異なる土質になるため、土質の違いによる路面への影響を十分検討する必要があることから、路面沈下の状況を確認する。検証は新工法と従来工法の施工箇所において仮復旧後の舗装面の高さを定期的に測量(定点観測)して行う。

①基礎材の違いによる沈下量の推移及び路面沈下量を図-6、図-7に示す。

・仮復旧期間中に路面沈下量は大きくなる(砂基礎6mm→発生土基礎12mm)傾向があるが、仮復旧期間中に基準値の20mmには達しない。

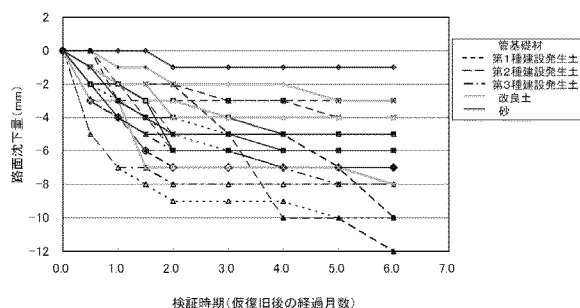


図-6 路面沈下量の推移(管基礎材別)

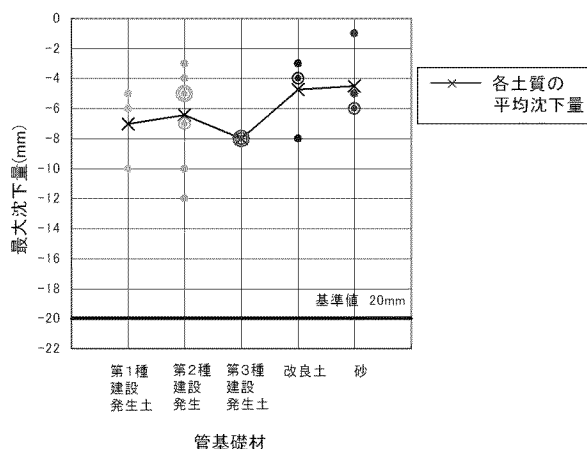


図-7 管基礎材と最大沈下量

②管基礎材の締固め度の違いによる沈下量の推移、及び路面沈下量を図-8、図-9に示す。

・施工時に十分(締固め度 90%以上)締固めを行うことで、沈下を抑制することが可能である。

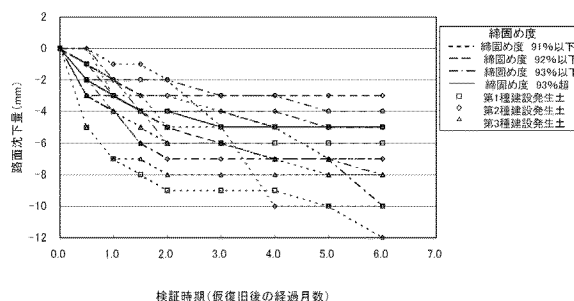


図-8 路面沈下量の推移(締固め度別)

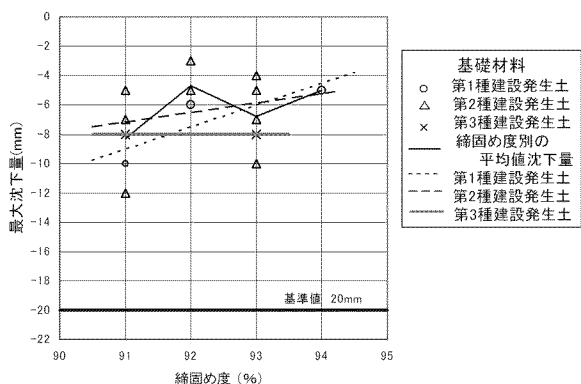


図-9 締固め度と最大沈下量

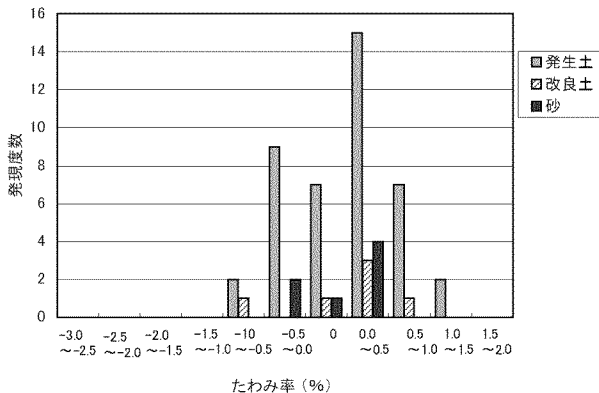


図-11 第1回調査のたわみ率

(4) 管体への影響 (変形)

発生土は、それぞれの現場で異なる土質になるため、土質の違いによる管体への影響を十分検討する必要があることから管体へ与える影響について確認する。

検証はTVカメラにより管継ぎ手部での管きよ変形量(管上下の直径と左右の直径)を計測し(図-10参照)、式(1)により算出するたわみ率で評価する。

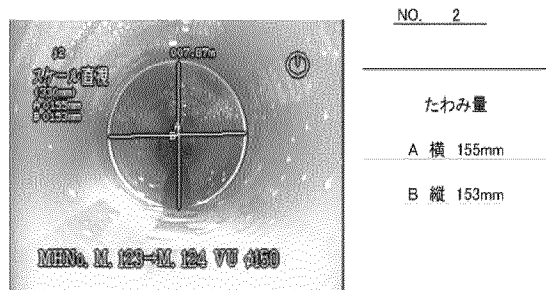


図-10 管内径測定方法の例

なお、管きよの変形量の経年変化を把握するために、調査は管布設後間もなく(以下、「第1回調査」という)と1年後(以下、「第2回調査」という)の2回行う。

$$V = \frac{2r - 2rk}{2r} \times 100 \quad \dots \text{式 (1)}$$

- V : たわみ率 (%)
- r : 管厚中心半径 (規格値) (mm)
- rk : 縦方向の内径計測値から求められる管厚中心半径(mm)

①時間の経過によるたわみ率

管基礎材別に時間の経過によるたわみ率を整理した結果を図11~13に示す。

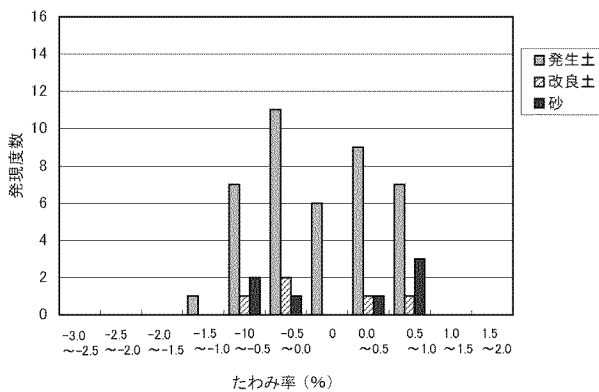


図-12 第2回調査のたわみ率

例) -2.0~-1.5 は-2.0<変化量≤-1.5とする。  
注) たわみ率の+は鉛直方向の内径縮小を表し、-は鉛直方向の内径拡大を表す。

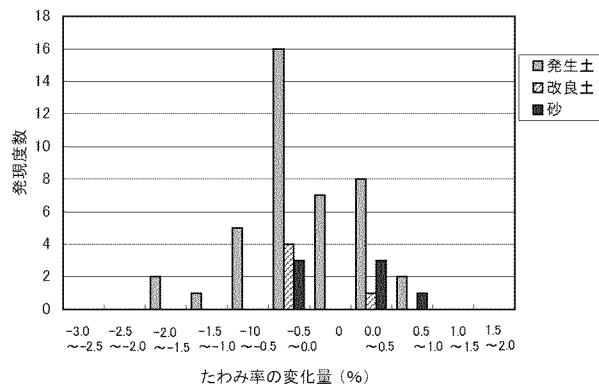


図-13 時間経過によるたわみ率の変化量

- ・たわみ率は全ての路線で基準値の5%以内である。
- ・発生土を使用した場合、時間経過によるたわみの変化量が大きいため、施工時にたわみ率が大きい路線では、たわみの進行に注意を要する。

②交通量によるたわみ率

管基礎材別に交通量毎のたわみ率で整理した結果を図-14, 15に示す。

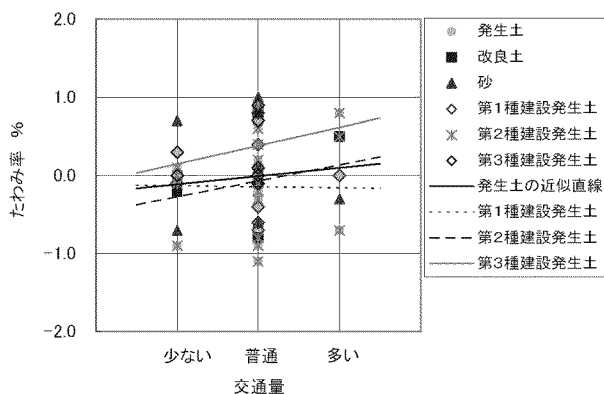


図-14 交通量とたわみ率 (第2回調査)

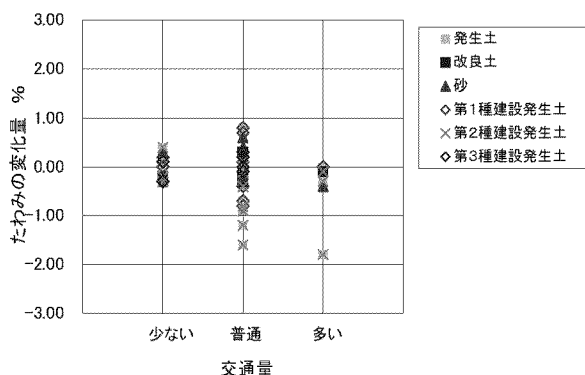


図-15 交通量と時間経過によるたわみ率の変化量

- ・交通量が多い路線は、管きよが鉛直方向に縮小する傾向があるため、適用にあたっては交通量に留意する必要がある。

(5) 工期の縮減効果

未普及解消に求められるのは、安いだけでなく、機動性に富んだ早期の整備であり、新技術の採用にあたってはコスト面のみならず施工工期についても着目する必要がある。ここでは、コストの縮減効果の検証において設定した仮想設計を使用して、工期に関する検証を行う。

従来工法と新工法の工期比較結果を表-5に示す。

表-5 工期比較

規模	従来工法 (日)	新工法 (日)	縮減率 (%)
φ 150 505m	24.5	21.0	14.2

- ・基床部を地山にすることにより掘削深が浅くなり、土留工が不要になることによる工期の縮減効果が大きい。また、土留矢板長が短くなることも工期縮減に寄与する。

4. まとめ

供用後1年間の検証期間(仮復旧期間を含む)を通して、従来工法である砂基礎に比べて路面沈下量及びたわみの変化量が大きいといった傾向が確認されたものの、すべて基準値以内であり大きな問題は確認されなかった。

また、コスト及び工期については、基床部の掘削を省略することにより、一定の効果が確認された。

●この研究を行ったのは

研究第一部長  
研究第一部副部長  
研究第一部研究員

森田 弘昭  
松葉 秀樹  
田中 祐大

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長  
研究第一部副部長  
研究第一部研究員

森田 弘昭  
松葉 秀樹  
土手 一郎