

仁淀川新居地区における漏水対策矢板について

四国地方整備局 高知河川国道事務所 工務第一課 仲田 隆宏

1、はじめに

波介川河口導流事業は、現在の波介川の合流点を仁淀川の河口まで下げ、洪水時には水位の高くなる仁淀川からの逆流の影響を除き、波介川の洪水を安全に仁淀川河口まで流下させ、洪水の被害を軽減させるものである。平成16年2月に地元の「新居を守る会」との工事着工同意を得て、これから本格的に工事着手していく事業である。今回の工事は、透水矢板を用いた漏水対策工事（L=240m）を実施したものである。なお、透水矢板とは、矢板に孔を1mピッチに開けたもので、洪水時には基盤漏水を防ぎ、かつ平常時には地下水の通水を妨げないものである。



図-1．事業及び工事概要

2、新居地区の現状と課題

今回施工した新居地区は、水田やハウス栽培等の優良な農地が広がっているが、その反面、透水性の高い砂礫層が広く分布しており、洪水時には堤内側で漏水をたびたび引き起こしている。また、河口域に位置しており、地下水の塩水化が進んでいる。そこで求められる矢板の機能は、漏水対策として堤体の安定確保と基盤漏水の抑止、平常時の地下水の流れを確保することにより、塩水化の進行を防止するという、相反する面を満足させることである。そこで、矢板に孔を開けることにより、その二つの機能を確保できると考え、室内試験及び現場試験において、開孔率（孔の大きさ、数）を決定した。なお、開孔率とは、全面積に対する開孔部（孔）の面積の比である。

3、室内試験

開孔部の通水能を調べて解析に反映させるために、開孔率0.2, 0.5, 1.0, 1.5%について室内透水試験を実施した。その結果を浸透流解析し、漏水に対する安全率を満



写真-1．透水試験装置

足させる透水矢板の透水係数を逆算すると $k=4.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ となり、その時の開孔率は 0.2%程度となる。なお、使用した解析は、有限要素法による断面二次元非定常浸透流解析 (GW-USAF/W) である。

4、現場試験

室内試験の結果から 0.2%の開孔率の矢板 (40mm@1m) を用いて、図-2 に示すように 3 ケースのヤードにおいて、それぞれに揚水井戸と矢板の内外に水位観測孔を設けた。そして、透水係数を求めるための揚水試験、平常時の通水を確認するための地下水位観測、塩水化の関係を把握するための塩素イオン濃度観測を実施した。

4.1、揚水試験結果

図-3 に示すとおり、止水矢板のヤードにおいて最も観測孔の内外水位の差が大きく、次に透水矢板、そして矢板なしでは、その差はほとんど見られない。これは止水矢板については、四方が止水矢板により囲まれているため、地下水の供給が底面からのみであるのに対し、透水矢板では底面だけでなく、側方部の孔を通しての地下水の供給もあるためである。これは止水矢板で囲まれた範囲を井戸とみなしたとき、井戸底からの揚水量と水位低下量の関係が井戸式 $Q =$

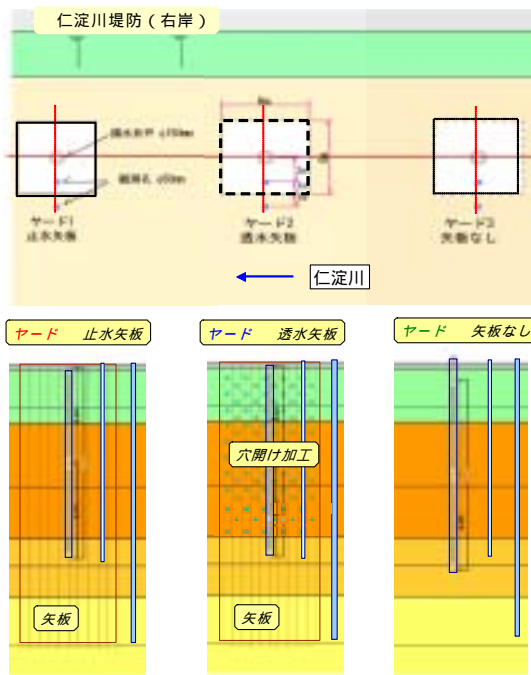


図-2. 試験ヤード配置及び地質断面図

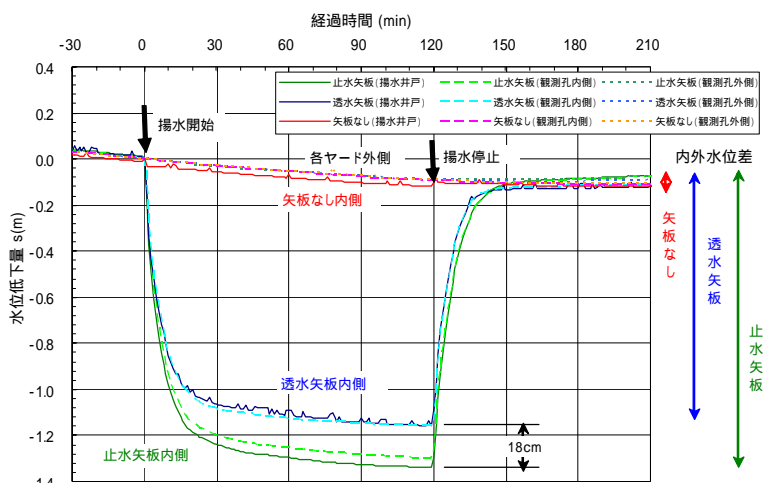


図-3. 揚水試験時の水位低下量

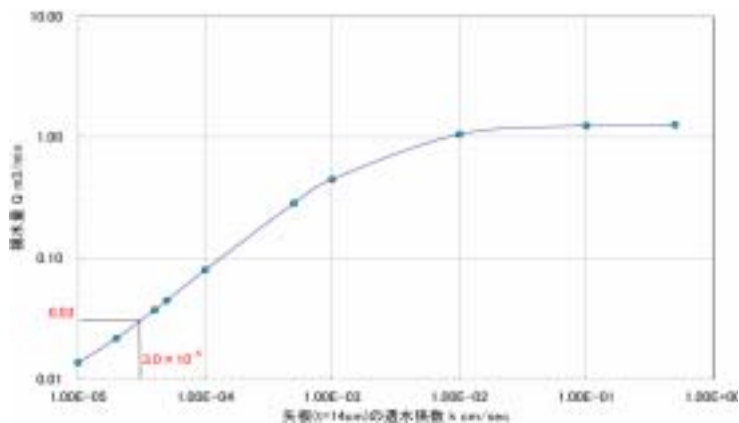


図-4. 矢板の透水係数と揚水量の関係

4kr₀(H - h₀)と一致することからも検証出来る。透水矢板の透水係数は浸透流解析で、透水矢板の透水係数を種々変更した軸対象モデルを用いたシミュレーションを行い、その結果は、図-4 に示すような関係が得られた。この関係から、現場での実際の揚水量である 0.03m³/min の時の透水係数を求めれば、それが透水矢板の透水係数であり、その値は k_(t=14cm) = 3.0 × 10⁻⁵ cm/sec となる。この値を用いて漏水に対する透水矢板の効果検討したところ表-1 のとおりとなり、止水矢板と同様に漏水対策効果あることが確認された。

表-1 . 透水矢板の漏水対策検討結果

測点	検討手法	無対策	止水矢板	透水矢板	備考	
No. 20	G/W	算定値	0.95	2.19	2.09	表土厚: 2.00m 湿潤密度: 1.8tf/m ³
		基準値	1.0	1.0	1.0	
		判定	OUT	OK	OK	
	局所動水勾配	iv	0.688	-	0.025	止水矢板については水面が 地表面に達していない。
		基準値	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
		判定	OUT	OK	OK	
		ih	0.415	0.392	0.393	
		基準値	< 0.5	< 0.5	< 0.5	
		判定	OK	OK	OK	
	円弧滑り川裏水位上昇時	Fs	1.434	1.463	1.463	F _{s0} =1.2 i=1.1, z=1.1 F _s 1.2 × 1.1 × 1.1=1.452
		基準値	1.452	1.452	1.452	
		判定	OUT	OK	OK	

4 . 2、地下水位観測（平常時の地下水の通水確保）

図-5 に示すとおり、地下水の変動は河川水位の潮位変動より、幾分遅れて変動し、その振幅は河川水位と比較して小さい。地下水位の変動については、透水矢板、止水矢板、矢板なしヤード、及び堤内地下水位を比較しても差異はみられないことから、通常時の地下水の通水については影響がないと考えられる。

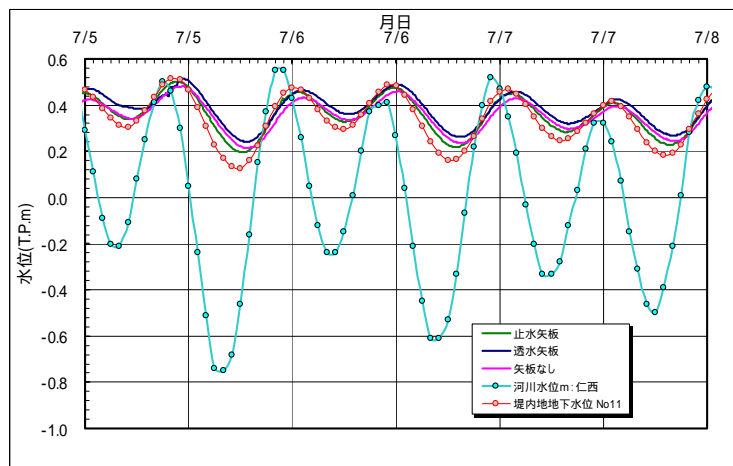
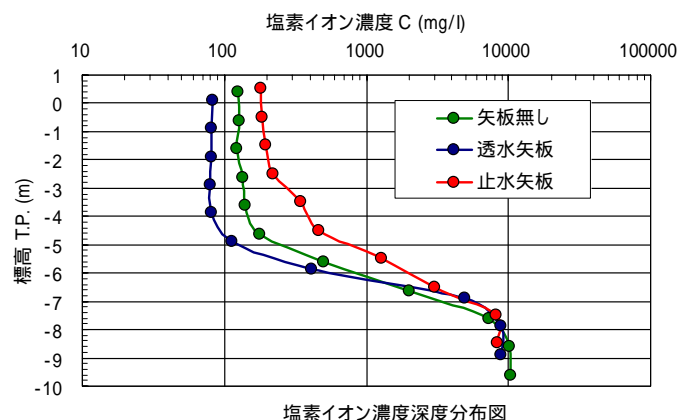


図-5 . 平常時の水位変動状況

4 . 3、塩素イオン濃度（塩水化の現状維持）

図-6 に示すとおり、止水矢板では、下層部の塩素イオン濃度の高い地下水のみが底面から入ってくるため、塩素イオン濃度が高くなる傾向を示す。また一旦、高濃度の地下水が入ると、上層部の塩素イオン濃度の低い地下水が入ってこないため、塩素イオンが蓄積される一方になり、塩水化が進むことが懸念される。それに対し、透水矢板



塩素イオン濃度深度分布図
図-6 . 塩素イオン濃度分布図

については下層部の塩素イオン濃度の高い地下水を遮断しつつ、上層部の塩素イオン濃度の低い地下水が孔を通して入ってくるため、それが混合することにより、塩素イオン濃度が低下するという希釈効果があると考えられる。

5、透水矢板の効果範囲

現場試験及び室内実験をモデル化した浸透流解析の結果より、開孔率と透水矢板の透水係数の関係を図-7に示す。開孔率1%の場合の透水矢板の透水係数は 10^{-3}cm/sec のオーダーにあり、砂（細砂）の透水係数に近い値となる。また開孔率を0.1%とした場合は、 $k=4.2 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ であり、シルト相当の透水係数とほぼ等しい値となる。したがって、透水矢板の漏水対策工としての効果を期待する場合は、開孔率を0.1%~1.0%と設定すると透水矢板の透水係数は、 10^{-4}cm/sec の程度となるので透水矢板としての機能が期待できる。さらに

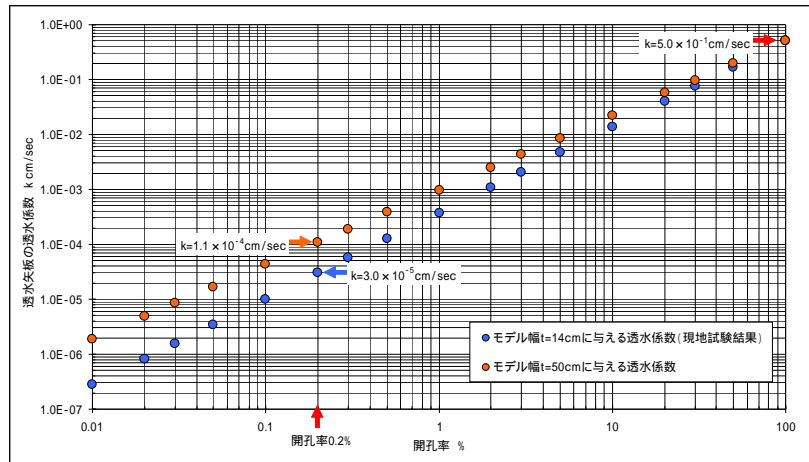


図-7．開孔率と透水係数の関係

透水矢板の開孔率	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
k (cm/sec)	10^{-1}	10^{-1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
排水	良	良	好	好	中	中	中	中	悪	実用的には不透水性
土質	きれいな砂利	きれいな砂、きれいな砂と砂利の混合物	非常に細かい砂、有機物および無機質シルト、砂・シルト・年度の混合物、水成シル、層をなした年度の堆積物など	植物と風化の結果できた“不透水性”の土	“不透水性”の土、たとえば風化地帯の下の均等な粘土					
kの直接的決定法	原位置で行う土の直接試験、適切に指導すれば信頼性有り、相当の経験を要す		揚水試験	定水位透水試験、少し経験を要す						
kの間接的決定法	粒度分布から計算、きれいな粘着力のない砂と砂利だけに適用		定水位透水試験、信頼性あり、経験を要す	定水位透水試験、信頼性なし、多くの経験を要す			定水位透水試験、かなり信頼性あり、相当の経験を要す			

(Casagrande, A. および Fellenz, R.E., 参考による) に加筆

図-8．透水矢板と土の透水係数との比較

透水矢板の汎用性の面から評価すると0.2%~0.5%の範囲で開孔率を設定すればより確実に効果を発揮すると考えられる。

6、終わりに

以上のことから、矢板にある一定の開孔率の孔を開けることにより、洪水時には漏水対策効果を発揮し、かつ平常時には地下水の通水を確保するという、相反する目的を満足させることが出来たと考えられる。この方法は今までに例のないことで現在、特許を申請して審査請求中である。今後、地下水観測等のモニタリングを経年的に実施し、透水性矢板の効果の検証を行う予定である。最後に、実験、解析方法及び特許申請について、ご指導頂いた独立行政法人土木研究所の三木総括研究官をはじめとする多くの方々へ深く感謝致します。

鋼コンクリート合成床版を用いた開断面箱桁の採用による建設コスト縮減事例 - 旭川・紋別自動車道 丸中橋の計画概要 -

北海道開発局 網走開発建設部 遠軽道路事務所 工事課 成田 明義

1. まえがき

旭川・紋別自動車道は北海道縦貫自動車道から分岐し、紋別市へ至る総延長 L=130km の一般国道自動車専用道路である。(図-1)

丸中橋は、本自動車道の丸瀬布 I C 付近で一級河川湧別川を図-2 のように横過する橋梁である。

本橋梁の計画では、建設コスト縮減を目的に、開発が進む新技術・新工法である、鋼・コンクリート合成床版(以下合成床版という)を用いた開断面箱桁を採用した。本文では、この新しい橋梁形式のコスト縮減事例について報告するものである。

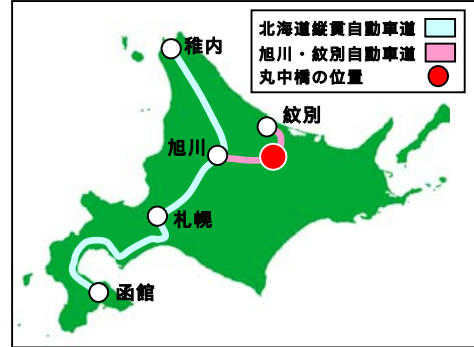


図-1 位置図

2. 橋梁諸元

- ・ 路線名 : 高規格幹線道路 旭川・紋別自動車道
- ・ 橋梁名 : 丸中橋(仮称)
- ・ 上部工形式 : 鋼 2 径間連続開断面箱桁橋
- ・ 橋長 : L 橋・・・121.6m R 橋・・・97.6m
- ・ 支間 : L 橋・・・64.0m + 56.0m R 橋・・・2@48.0m

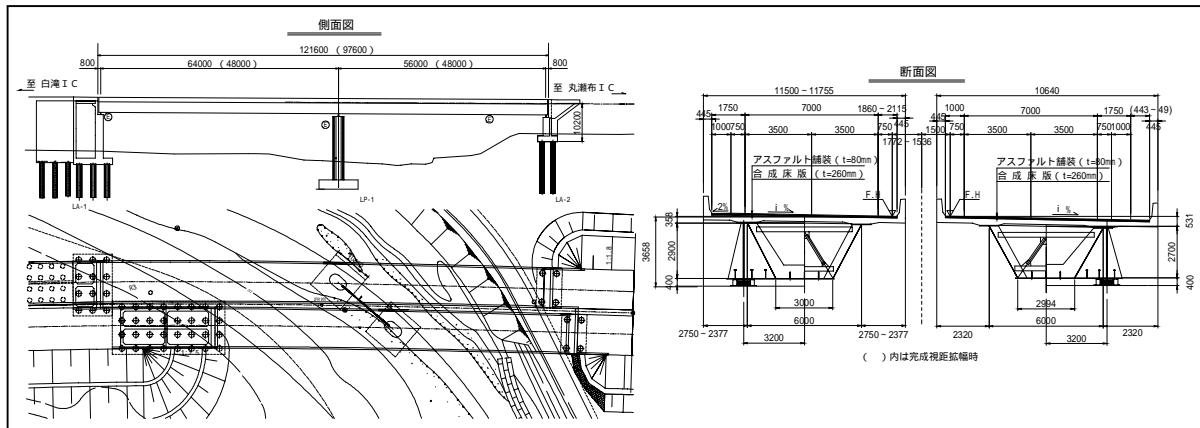


図-2 丸中橋一般図

3. 構造概要

3.1 床版

床版は、耐久性・経済性に優れる鋼・コンクリート合成床版を採用した。合成床版は近年数多くの製品が開発されているが、採用実績があるとともに設計施工要領が整備されている、以下の強度・耐久性を有した製品の中から選定した。

移動輪荷重による繰返し走行試験により耐久性が確認され、P C床版と同程度以上の耐久性を有していることが証明されていること。

解析により静的挙動が明確になっており、かつ実験との整合を確認できていること。

3.2 主桁

1) 主桁断面形状

主桁は、独立した左右対の上フランジ・斜めウェブを有する、逆台形断面の1室箱桁構造としている。これは、上フランジ間隔を下フランジ間隔に比べ大きくとることにより、床版の張出し長を抑え、ブラケット及び縦桁を省略するためである。また、断面分割方法には、“L型分割”と“パネル分割”の2通りあるが、本橋においては施工スペースおよび施工期間を考慮して、ボルト継手による“L型分割”を採用している。(表-1に示す)

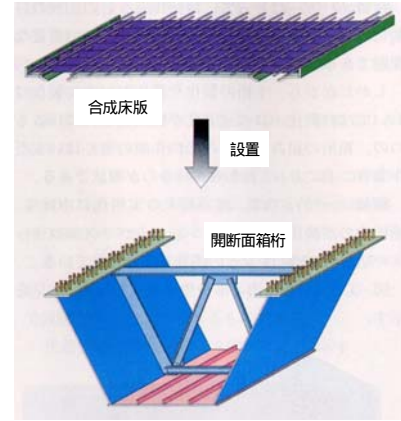


図-3 合成床版

表-1 断面分割方法比較表

	パネル分割	L型分割
概要図		
施工期間 (現場)	110日 (1.83)	60日 (1.00)
採用		

2) ブロック継手方法

主桁のブロック継手には、上フランジは現場溶接、腹板および下フランジは高力ボルトによる摩擦接合の併用継手方式を採用している。これは上

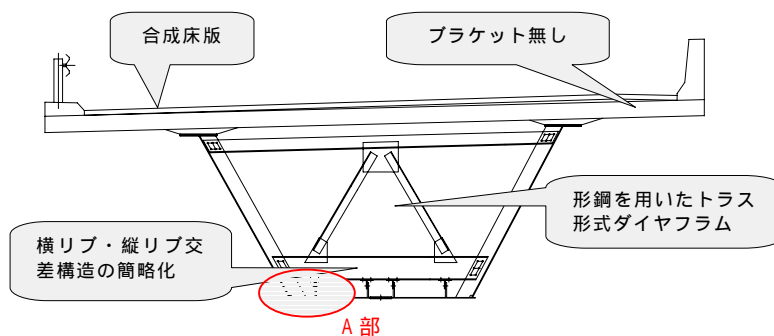


図-4 開断面箱桁の概要

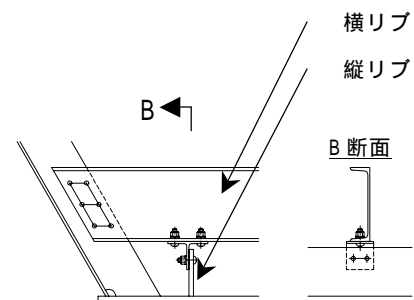


図-5 縦リブ・横リブ交差構造 (A部)

フランジが厚く、道路橋示方書での推奨列数 8 列を越えるためである。

3) ダイヤフラム

ダイヤフラムは形鋼を組合せたトラス形式を採用し、下フランジ縦リブと横リブとの交差構造を簡略化するとともに、ダイヤフラムおよび横リブと、ウェブ補剛材・下フランジ縦リブとの継手を高力ボルト接合とすることで現場組立時における作業性の向上を図っている。(図-4, 5)

4. コスト縮減に関する検討

表 - 2 閉断面箱桁と開断面箱桁の比較

	閉断面箱桁 (従来構造)	開断面箱桁 (計画構造)															
断面																	
鋼重	398t	332t															
単位面積当り重量	0.309t/m ²	0.258t/m ²															
大型材片数	234 個	89 個															
小型材片数	3244 個	1202 個															
溶接延長	2144m	971m															
比率	<table border="1"> <caption>(従来形式を 100 とした時の各項目比率)</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>開断面 (比率)</th> <th>閉断面 (比率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鋼重</td> <td>83%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>大型材片</td> <td>38%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>小型材片</td> <td>37%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>溶接延長</td> <td>45%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>		項目	開断面 (比率)	閉断面 (比率)	鋼重	83%	100%	大型材片	38%	100%	小型材片	37%	100%	溶接延長	45%	100%
項目	開断面 (比率)	閉断面 (比率)															
鋼重	83%	100%															
大型材片	38%	100%															
小型材片	37%	100%															
溶接延長	45%	100%															
工事費	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>工場製作費 (百万円)</th> <th>橋面工 + 床版工費 (百万円)</th> <th>架設工 + 他工事費 (百万円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>閉断面箱桁</td> <td>194</td> <td>57</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>開断面箱桁</td> <td>113</td> <td>103</td> <td>69</td> </tr> </tbody> </table> <p>閉断面箱桁 341(百万円) → 開断面箱桁 285(百万円)</p> <p>工事費 16.4% 縮減</p>		項目	工場製作費 (百万円)	橋面工 + 床版工費 (百万円)	架設工 + 他工事費 (百万円)	閉断面箱桁	194	57	90	開断面箱桁	113	103	69			
項目	工場製作費 (百万円)	橋面工 + 床版工費 (百万円)	架設工 + 他工事費 (百万円)														
閉断面箱桁	194	57	90														
開断面箱桁	113	103	69														

注) 鋼重・単位面積当り鋼重は主構造のみである。

本橋のL橋を例に、開断面箱桁と、従来用いられてきた閉断面箱桁の経済比較に関する比較結果を表-2に示す。

- ・鋼重は開断面の方が17%軽くなる。これは、合成床版を主桁断面の一部として取り扱うことで上フランジの一部を省略出来ることと、床版支間を広く取ることが出来る合成床版の採用によって、ウェブ数を半分に削減出来ることによるものである。
- ・また、製作コストに影響を与える材片数は、大型材片62%・小型材片63%と、開断面の方がそれぞれ減少する。
- ・溶接延長も製作コストに大きく影響を与える要素であるが、これも開断面の方が55%減少する。これは、横リブやダイヤフラムに形鋼を積極的に採用し、これらの取付け方法に高力ボルト継手を採用していることによるものである。
- ・上部工のトータルコストでは従来の閉断面箱桁に比べ5千6百万円(16.4%)のコスト縮減となった。
- ・さらに橋梁全体としては、上部の重量が軽減されるため、下部工や支承においてもコスト縮減となる。

5. 開断面箱桁の設計方針

1) 床版合成作用の取扱い

主桁の断面応力を算出する際の床版断面の有効範囲および各荷重の載荷範囲は、表-3のとおりである。

表-3 設計断面力算出方針

合成前死荷重	合成後死荷重 + 活荷	クリープ	乾燥収縮	温度変化	
				床版 +	鋼桁 +
床版合成前の断面に作用する死荷重を前死荷重とする。	床版合成後の断面に作用する死荷重を後死荷重とする。中間支点付近では、支間Lに対して0.15Lの区間を鋼断面(鋼桁+鉄筋)とする。合成断面のヤング係数比は、 $n=0.7$ とする。	断面力としては、道示9.2.6~9.2.8に示された、クリープ、乾燥収縮、温度変化に伴う床版と鋼桁の歪み差により生じる断面力を考慮する。中間支点上の不静定反力による曲げモーメントMが設計曲げモーメントとなる。	モーメント荷重Mの載荷範囲は、後死荷重により曲げが発生する範囲とする。合成断面のヤング係数比は、 $n=14$ とする。	合成断面のヤング係数比は、 $n=21$ とする。	床版と鋼桁との温度差は10とする。合成断面のヤング係数比は、 $n=7$ とする。

6. あとがき

丸中橋は、北海道開発局では初めての開断面箱桁橋の採用であるとともに、全国的にみてもまだその採用は少ないが、合成床版を用いた開断面箱桁橋は製作・架設において極めて合理的な構造であるとともに、経済性に優れた橋梁形式であると考えられる。

本橋は、現場条件として、インターチェンジに近い分岐橋となっている。よって、床版補修時にも2車線の交互相行を確保できることから本形式を採用した。

今後更なる建設コストの縮減を求められる中、このような新しい形式の橋梁が増えてくるものと思われる。本橋梁においても冬季における挙動や凍結防止剤の影響等の調査を行い、積雪寒冷地における適用性について検証をしていく予定である。

海底地盤でのジェットグラウト工法の施工について

敦賀港湾事務所 建設管理官 清水 利浩

1、はじめに

江戸時代から天然の良港として栄えてきた敦賀港は、敦賀湾の最奥部に位置し、海底土層は沈降湾特有の腐食物を混入する粘性土や砂等の堆積物が多く、非常に地盤の軟弱な港湾である。

現在は、写真に示す鞠山南地区に「多目的国際ターミナル」として-14m岸壁（重力式ケーソン構造）を整備中であり、この岸壁基礎の一部が軟弱層で、円形すべりの危険性が認められたため地盤改良を行った。

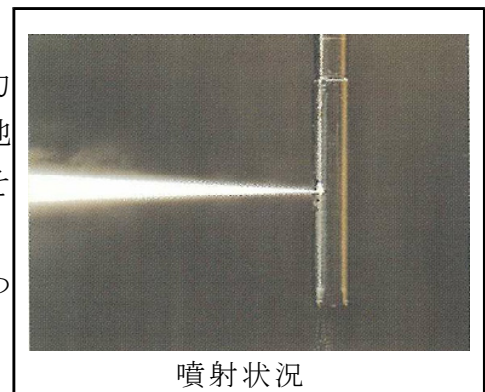


地盤改良にはジェットグラウト工法のうち「JSG工法」を一部採用した。このJSG工法は、陸上施工においては一般的な工法であるが、海上施工は施工実績がほとんどなかったことから、海上施工時の留意点などについて報告する。

2、工法概要

2.1、基本原理

ジェットグラウトの基本原理は、水に高い圧力を加えて得られる強力なエネルギーによって、地盤の組織を破壊し、地中に人為的空間を作り、そこに硬化材を充填して強固な固結体を作るもので、地盤を硬化材にできるかぎり置き換えるものである。

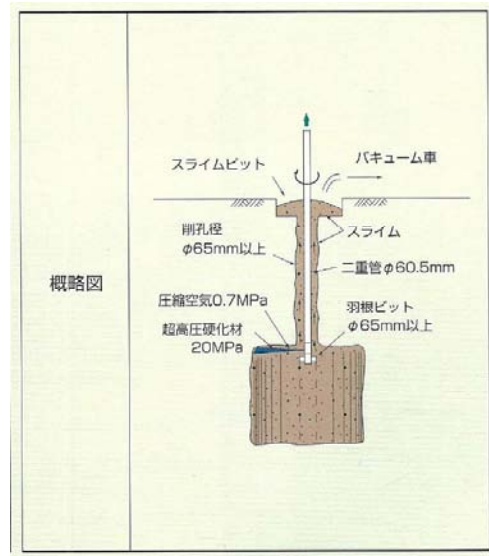


2.2、JSG工法（Jumbo-Jet-Special-Grout Method）

ジェットグラウト工法とは、空気と液体の力で土を切削し地盤を改良する工法でありJSG工法とコラムジェットグラウト工法に分類されるが、ここでは、敦賀港で採用したJSG工法の特徴について述べる。

JSG工法は、二重管ロッドを使用し超高压硬化材+空気で構成されるシステムで、改良対象土は、軟弱粘性土からゆるい砂質土に最も適応する工法である。工法の概要を図-1に示す。

切削方法	超高压硬化材液と空気
使用ロッド	二重管ロッド
工法概要	空気を伴った超高压硬化材液を地盤中に回転して噴射させて、地盤を切削すると同時に、円柱状の固結体を造成する。
諸元	切削圧力 20MPa 硬化材噴射吐出量 60l/min



図－1 J S G 工法概要

3、設計の考え方

3.1、土質条件と有効径の関係

J S G工法は、硬化材の単位吐出量を一定に保ち施工するため、改良体の有効径は、造成対象の土層および施工条件により決定される。例として粘性土での標準的な有効径を表－1に示す。有効径は、過去の施工実績から改良対象地盤のN値により決定されるもので、硬化材吐出量と引き上げ時間を管理することにより、所定の改良径を確保するという考え方である。

表－1 粘性土での標準設計数値

項目	土質名	粘 性 土				
	N値	N<1	N=1	N=2	N=3	N=4
標準有効径(m) 深度 (0m<Z≦25m)		2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
引き上げ時間 (分/m)		30	27	23	20	16
硬化材単位吐出量 (m ³ /分)		0.06				

※○囲みは当該現場の地盤での有効径

3.2、設計基準値

円形すべりにより改良体の強度が定められたため、硬化材は設計の粘着力を満たすJ G－1号（強度発現型標準タイプ）を選定した。（表－2）

表－2 改良体の設計基準強度

硬化材	土質	一軸圧縮強度 (MN/m ²)	粘着力C (MN/m ²)	付着力f (MN/m ²)	曲げ引張強度 (MN/m ²)	弾性係数E ₅₀ (MN/m ²)
J G－1号	砂質土	3	0.5	1/3C	2/3C	300
	粘性土	1	0.3			100

4、施工上の問題点

4.1、海底地盤での施工

4.1.1、排泥システムの構築

海底地盤での施工と一般的な陸上施工との大きな相違は、改良によって発生する排泥を汲み上げる方法である。通常の施工では、二重管ロッドと原地盤の空隙を介して排泥が汲み上げられるが、海上での施工では海域を汚染することなく原地盤から水上までの間をどのように汲み上げるかが課題であった。そこで、本工事では通常JSG工法で使用する二重管ロッドの外側にケーシングを追加し改良深度まで削孔することで、排泥を汲み上げるガイドホールを確保する方法を採用した。(三重管方式)(図-2)

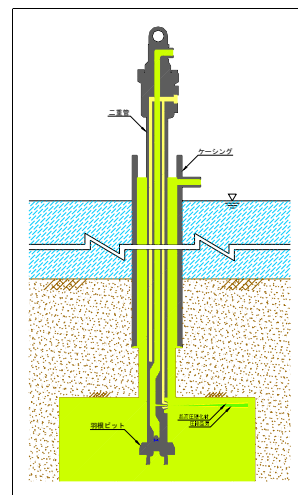


図-2 排泥システム

また、使用機械は三重管方式にすることから、通常の施工で使用する二重管専用マシンに替え、もう一つのジェットグラウト工法であるコラムジェットグラウト工法で使用する三重管併用マシンに変更して施工を行った。

4.1.2、施工手順

陸上施工との施工手順の違いは、前述したように排泥システムを構築する工程が増えることである。海上での施工手順を図-3に示す。②で示すように排泥用のガイドホールを改良深度まで削孔するため、改良体1本当りの造成時間が通常施工より長くなることになる。

JSG工法施工手順(海上)

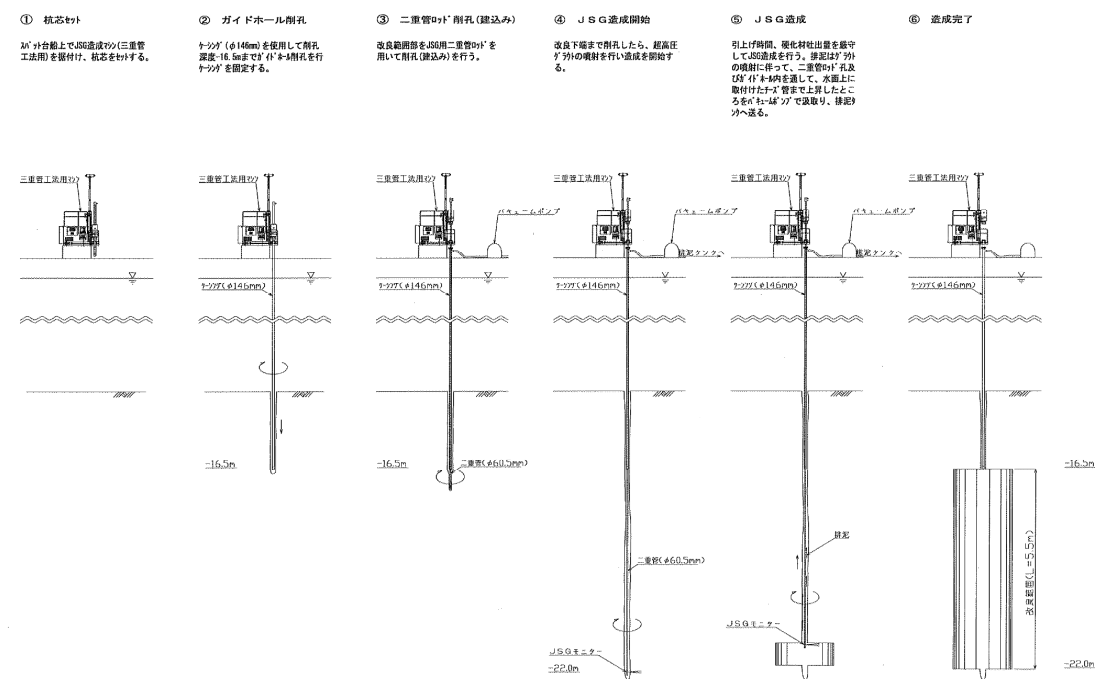


図-3 施工手順

4.1.3、船団構成および装備

4.1.1 で検討したシステムを稼働するために構成した船団、装備を図-4に示す。

5、施工結果

施工中は、硬化材の吐出量、ロッドの引き抜き時間および圧縮空気の供給量により施工管理を行った。なかでも、圧縮空気の供給量が減少すると超高压噴流水の切削距離が短くなるため所定の有効径が得られないことから細かな確認を行い施工を行った。排泥については計画どおりガイドホールを通過して汲み上げられ、危惧していた水中での濁りも発生しなかった。また排泥量は陸上施工での理論値と比較すると、海上施工での実績は約1.4倍程度多い結果となったが、これはバキュームポンプによる強制排泥が影響しているものと推測される。(表-3) 本工事での結果より、JSG工法の海上施工については問題なく使用可能と判断できる。

6、施工上の留意点

排泥の処分については、施工現場条件によって再生処理する場合や廃棄物処分とする場合があり事前に処分方法を検討しておく必要がある。当現場では現地での再生処理が不可能との判断から、特定の処理場に運搬し再生処理することとした。再生処理場が現場近辺にないときには産業廃棄物として処理することになるため、処理場の選定についても重要である。

また、本工法で使用する硬化材はセメント系であるため、長期間放置することができない。海上施工では施工手順が増えるため、改良範囲によっては排泥運搬が改良体造成後の夕方から夜半に及ぶ可能性がある。処理場の選定には、夜間受け入れ可能な処理場を考慮するとともに、改良一本当りのサイクルタイムの設定に留意する必要がある。

7、おわりに

海上工事でのJSG工法は、あまり実績がないことから、試行錯誤での施工であった。今回の工事実績が今後の同種工法の施工において参考となれば幸いである。

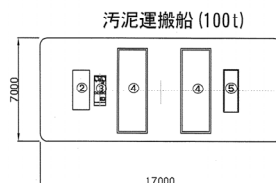
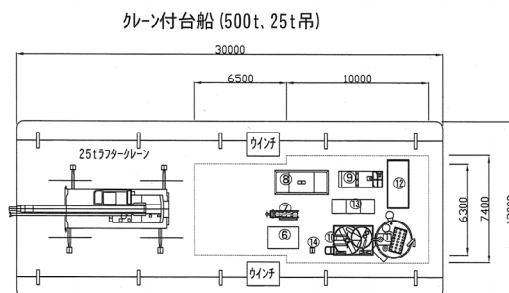
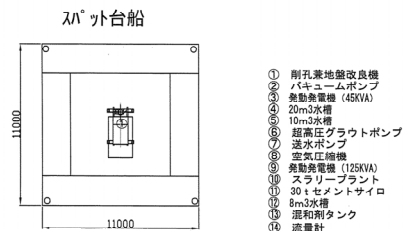


図-4 台船機装図

表-3 改良体1本当り排泥量比較

	排泥量(m³)
陸上施工(理論値)	17.5
海上施工(実績)	25.0

ごみスラグのコンクリート粗骨材としての有効利用に関する研究

中国地方整備局 中国技術事務所 調査試験課 原田 奈々

1. はじめに

近年、一般廃棄物の熔融化技術は、最終処分場の延命対策やダイオキシン類等の環境対策として有効視され、多くの自治体で熔融固化施設が整備されている。しかし、熔融処理により、ごみの減容化はできるものの、多量のごみ焼却灰熔融スラグ(以下、ごみスラグと呼ぶ)が発生し、その有効利用が求められている。現在、ごみスラグは、コンクリート用細骨材等として再資源化が図られているが、ごみスラグ全体の有効利用は、5割程度となっている。



写真-1 ごみスラグ(空冷)

本研究は、天然骨材採取による環境問題等の現状を受け、ごみスラグのより一層の用途拡大を目的とし、ごみスラグのコンクリート用代替粗骨材としての適用性を検討したものである。

2. 研究概要

空冷ごみスラグの化学分析・物理試験を行い、ごみスラグの特性を把握するとともに、水セメント比と、通常粗骨材とごみスラグの置換率(以下、スラグ置換率と呼ぶ)の違いによるコンクリート特性調査を行った。また、中国技術事務所構内でのフィールド実験により施工性を確認した。実験フローを図-1に示す。

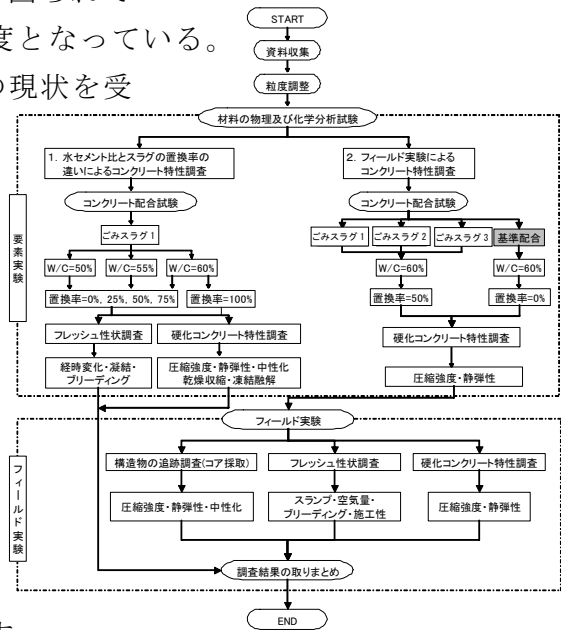


図-1 実験フロー

3. 対象としたごみスラグと化学的・物理的性状

広島市・岡山市・高知市の各ごみ処理場の空冷ごみスラグをコンクリート用粗骨材として使用可能な5mmオーバーに分級処理したものを対象とした。中国地方のごみ処理場の内、熔融処理を行っている施設を表-1に示す。また、対象のごみスラグの化学成分を図-2に示す。

表-1 中国地方のごみ熔融施設一覧(高知市含む)

県名	自治体等名	ごみスラグ年発生量* ¹⁾	竣工	冷却方法	実験に使用したごみスラグ
広島	広島市	9,500t	H15.12	空冷* ²⁾	ごみスラグ3
	呉市	6,400t	H15.3	水冷* ³⁾	
	海田町他3町	600t	H14.11	水冷	
岡山	岡山市	6,200t	H13.7	空冷	ごみスラグ2
		3,900t	H15.3	水冷	
山口	下関市	6,200t	H14.12	空冷・水冷	
	宇部市	2,100t	H15.2	水冷	
島根	出雲市他6市町	1,300t	H15.3	水冷	
鳥取	米子市	3,700t	H14.4	水冷	
高知	高知市	7,600t	H14.3	空冷	ごみスラグ1

*¹⁾ 広島市は2004年度推定量、他自治体は2003年度発生量
 *²⁾ 空冷：大気中に放置して自然冷却固化したごみスラグ
 *³⁾ 水冷：水中に直接投じて急冷固化したごみスラグ

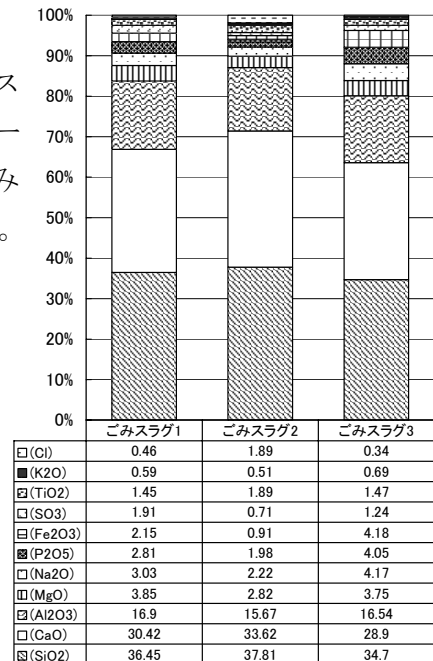


図-2 化学成分

*下から順にグラフと対応

主な構成成分は二酸化ケイ素 (SiO₂)、酸化カルシウム(CaO)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)の3成分で80%以上を占めている。これは通常の岩石の主な構成成分と同程度である。

ごみスラグの溶出試験結果を表-2に示す。いずれのごみスラグも土壌の汚染に係る環境基準(平成3年環境庁告示第46号)の基準値を満足していた。

ごみスラグ粗骨材の物性値を表-3に示す。いずれのごみスラグも JIS A 5005 の砕石の規格値を満足していた。

しかし、すりへり減量が35~38%となり、ごみスラグの脆さが認められた。このため、すりへり作用を受けるコンクリートに用いる場合は、留意する必要がある。

表-2 溶出試験結果

分析項目	溶出試験結果 (mg/l)			基準値 (mg/l)
	ごみスラグ1	ごみスラグ2	ごみスラグ3	
総水銀	検出せず	検出せず	検出せず	0.0005 以下
カドミウム	検出せず	検出せず	検出せず	0.01 以下
鉛	検出せず	検出せず	0.005	0.01 以下
六価クロム	検出せず	検出せず	検出せず	0.05 以下
砒素	検出せず	検出せず	0.004	0.01 以下
セレン	検出せず	検出せず	0.001	0.01 以下

表-3 ごみスラグ粗骨材の物性値

試験項目	ごみスラグ1	ごみスラグ2	ごみスラグ3	砕石 JIS A 5005
表乾密度 (g/cm ³)	2.84	2.81	2.88	—
絶乾密度 (g/cm ³)	2.84	2.81	2.88	2.5 以上
吸水率 (%)	0.19	0.04	0.1	30 以下
微粒分量 (%)	0.80	0.20	0.14	1.0 以下
安定性 (%)	1.1	0.5	0.5	12 以下
単位容積質量試験実積率 (%)	59.7	59.4	59.8	—
粒形判定実積率 (%)	59.4	58.9	58.7	55 以上
すりへり減量 (%)	34.5	35.7	38.2	*40 以下

* 舗装に用いる場合は35%以下

4. ごみスラグを粗骨材に用いたコンクリート特性

4. 1. 配合

水セメント比とスラグ置換率の違いによるコンクリート特性については、ごみスラグ1を代表として、スラグ置換率0%の通常コンクリート(以下、基準配合と呼ぶ)と比較した。配合条件を表-4に示す。

単位水量は、スラグ置換率が大きくなるほど増加した(図-3)。これは、ミキサでの練り混ぜ時に砕け、ごみスラグの5mmアンダーが増加し、実際の細骨材率が大きくなったこと、また、砕けた粒子の形状が悪いことが主要因と考えられる。

配合設計における細骨材率は、各水セメント比ともスラグ置換率の違いによる変化はなかった。これは、スラグ置換率が大きくなるにつれて単位水量が増加するとともに単位セメント量が増加していること、また、ごみスラグの実積率*が砕石の実積率と差がないことが主要因と考えられる。

実積率*: 骨材の単位容積中における骨材の実質部分の容積百分率

表-4 配合条件

項目	内容
セメントの種類	高炉セメントB種
呼び強度	18 N/mm ²
水セメント比(W/C)	50・55・60 %
スラグ置換率	0・25・50・75・100 % (置換率100%については水セメント比60%のみ実施)
スランブ	8 ±1.0 cm (室内試験)
空気量	4.5±0.5 % (室内試験)
粗骨材最大寸法	20 mm
単位水量上限値	175 kg/m ³

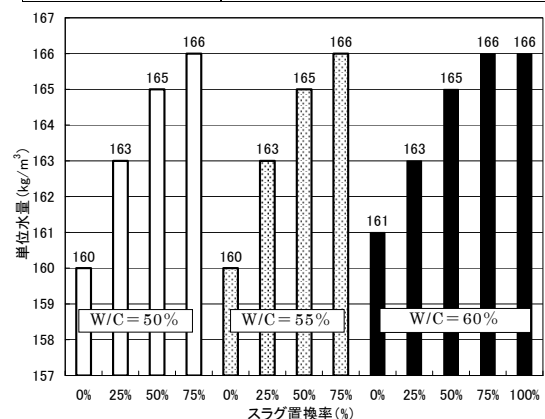


図-3 各種配合と単位水量の関係

4. 2. フレッシュコンクリート性状

ごみスラグを粗骨材に用いた場合のフレッシュコンクリート性状のうち、スランブ

及び空気量の練混ぜ直後からの経時変化は、基準配合と同程度であった。ブリーディング量は、コンクリートに悪影響を及ぼす程度ではないが、スラグ置換率が大きくなるにつれて増加する結果となった。これは、ごみスラグの保水性が砕石に比べて小さいためと考えられる。凝結時間は、若干短くなる傾向がみられたが、有意な差は認められなかった。以上の結果より、ごみスラグを粗骨材に用いた場合のフレッシュコンクリート性状は、通常のコンクリートと比較して遜色のない結果が得られることがわかった。

4. 3. 硬化コンクリート特性

4. 3. 1. 力学特性

各種配合での圧縮強度を図-4に示す。各水セメント比とも材齢7日では、スラグ置換率による圧縮強度の差は認められない。しかし、材齢28日・91日においてはスラグ置換率が大きくなるほど圧縮強度の低下が認められた。この傾向は、材齢28日に比べ材齢91日の方に顕著に現れ、材齢91日における水セメント比60%・スラグ置換率100%の配合では基準配合の80%以下の圧縮強度であった。これは、ごみスラグ自体の強度が小さいこと、ごみスラグの界面部が滑らかなためモルタルとの付着強度が劣ること等が考えられる。また静弾性係数については、スラグ置換率による差は認められない。これは、ごみスラグ自体の密度が大きいいため、コンクリートの単位容積質量が大きくなったことによるものと考えられる。

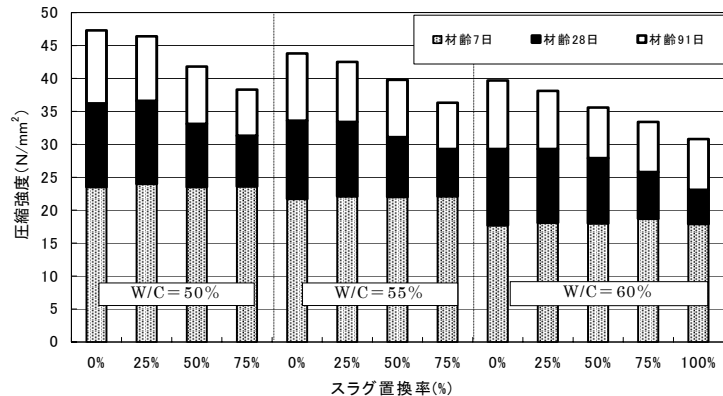


図-4 各種配合と圧縮強度の関係

4. 3. 2. 耐久性

各種配合での凍結融解試験の相対動弾性係数を図-5に示す。各水セメント比ともスラグ置換率が大きくなるにつれて相対動弾性係数は明確に低下している。相対動弾性係数は、60%以下が劣化の許容限界の目安とされている。スラグ置換率50%以上になると、水セメント比50%・スラグ置換率50%以外の配合で、相対動弾性係数は60%以下であった。これは、スラグ置換率が大きくなるとブリーディング量が増加することも要因の一つとして考えられるが、最も大きな要因としては、ごみス

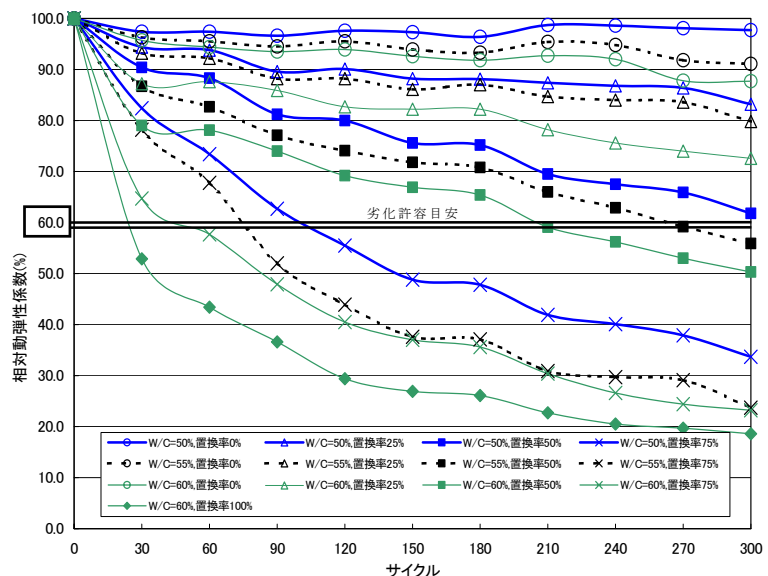


図-5 各種配合と凍結融解試験の相対動弾性係数の関係

ラグ自体の物理的性質が影響しているものと考えられる。また、300 サイクル終了後、目視調査及び質量変化率において、スラグ置換率による差は認められなかった。したがって、ごみスラグ使用が原因となるコンクリートの表面剥離は発生しないと考えられる。

長さ変化率とスラグ置換率の関係を図-6 に示す。長さ変化率は、スラグ置換率が大きくなるほど小さくなった。これは、ごみスラグ自体の密度が大きく吸水率が小さいことが影響していると考えられる。

また、促進中性化試験では、スラグ置換率による中性化浸透深さの差は認められなかった。

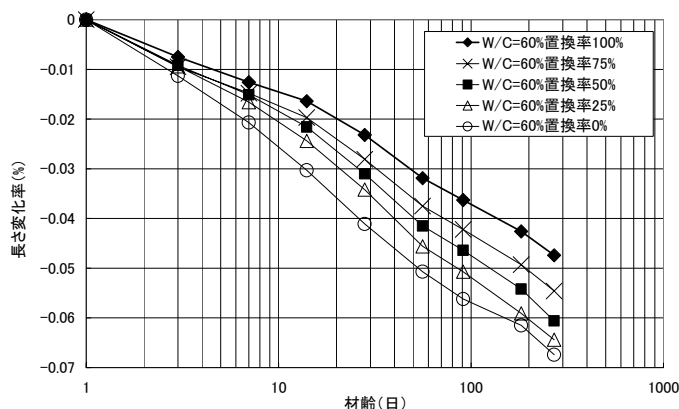


図-6 長さ変化率とスラグ置換率の関係

5. フィールド実験

平成 15 年 11 月中国技術事務所構内で施工性を確認するため、重力式擁壁を施工した(図-7・写真-2)。

配合は、水セメント比 60%・スラグ置換率 50%で、ごみスラグ 1, 2, 3 をそれぞれ用いた 3 ケースと基準配合の計 4 ケースを生コンクリート工場で製造し、アジテータ車で運搬した。

製造・運搬・施工の各工程において、いずれのケースも優劣の差は認められなかった。

現在、追跡調査としてコア抜き取りによる強度特性の確認及び表面観察を継続して実施している。

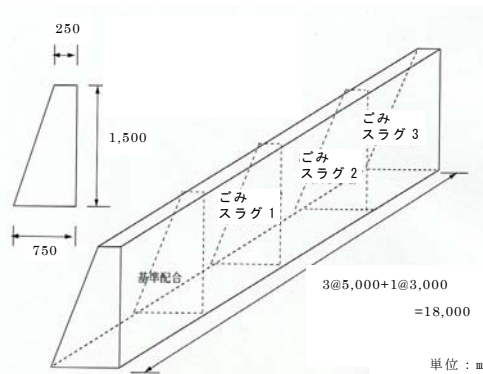


図-7 施工区分 (フィールド実験)



写真-2 打設状況 (フィールド実験)

6. まとめ

本研究の結果、ごみスラグは置換率を考慮することにより、道路付属物等の無筋コンクリートやプレキャスト製品等のコンクリート粗骨材としての適応性は十分にあると考えられ、コンクリート材料の中で粗骨材の占める割合が大きいことから、ごみスラグの受け入れ先として大きな期待ができる。

今後は、関係機関・学識経験者からなる「ごみスラグ活用研究会」において、ごみスラグ製造過程の品質変動の調査・凍結融解試験における相対動弾性係数低下の原因究明などの技術的検討及び直轄工事でのフィールド試験を実施し、ごみスラグ活用の促進を図っていく予定である。

自動係船及び自動陸上排送システムの開発について

九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所

施工技術課 施工技術第一係 堀 研一

1. はじめに

海翔丸（図 - 1）は関門航路の水深を維持するため、24時間体制で浚渫を行っており、船の中央にある泥倉に貯められた浚渫土砂は、これまで新門司沖土砂処分場へ直接入り、船底にある6枚の扉を開け排出されていた。今後埋立が進み新門司沖土砂処分場の水深が浅くなり船底から排出できなくなるため、係留施設に係船してからの陸上排送を余儀なくされる。係船のための綱取り作業には多くの時間と人手を必要とし、さらに夜間作業も伴



図 - 1（海翔丸）

い安全性の問題が予想された。このため、係船作業の省力化と安全性向上を目的に、世界で初めてとなる「操船～接岸～陸上排送～離岸」全自動化システムの開発を行ったので報告するものである。

2. 自動係船及び自動陸上排送システム

自動係船システムは、おおまかに自動操船システム、自動係留システム及び自動陸上排送システムの3つのシステムで構成される。

2.1 自動操船システム

自動操船システムは、GPS（船首・船尾それぞれ1基）及びジャイロコンパスから得られる自船位置及び方位情報により、自船の設定コースとのずれを検知し、推進器及びバウスラスタ（アクチュエータ）の操作量を決めて制御し、予定航路を保持すると共に速度制御を行い、所定の接岸場所に本船を誘導し、停船させるものである。

本船における自動操船方式は以下の2つのパートに分かれる。

2.1.1 自動的に本船を指定位置に保持するシステム（自動位置保持）

自動位置保持（DPS：Dynamic Positioning System）とは船体上の指定点（RP：Reference Point）を、保持位置（SP：Specified Point）に一致させるように自動制御することである。本制御方式においては、SPを船首におき、バウスラスタで横方向、推進器で前後方向と船首方位について、それぞれの偏差を打ち消すように制御をかける。

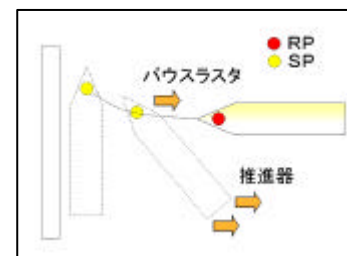


図 - 2（自動操船イメージ図）

本制御方式については、過去の実験事例から、強風下でも安定して船位が保てることが分かっている。

2.1.2 自動的に本船を航行ルートに従って移動させるシステム

SPを移動させるとRPはSPの位置に従って追従しようとするので、結果として船体を計画した航行ルート上を移動させながら誘導することが可能になる。

2.2 自動係留システム

自動係留システムは、係留装置（陸上側ドルフィンに設置される2基の吸着式係留装置）を遠隔・自動操作し本船を係留及び係留解除するものであり、本船上の操作卓から遠隔制御・監視が行えるようにした。

2.2.1 係留方式の検討

係留方式として、ワイヤー方式（1案）、フック方式（1案）、吸着盤方式（2案）、吸着盤＋ワイヤー方式（1案）の計5つの案について表-1のとおり比較検討を行った。

	係留方法	装置の概要及び特徴	経済性	遠隔操作性	保守性	本船喫水、揺動に対する追従性	本船への接続容易性及び確実性	総合評価
1案	ワイヤーロープによる自動係留方法	・巻上げ搬送装置により船体と陸上との索取り作業を自動化し本船に索を固定後ウインチにより係留する方法。	構造がシンプルであるため安価である。	巻上げ搬送装置によりロープエンドを吊り上げ、本船と係留岸のロープ渡し作業を行うため操作性が悪い。 x	構造がシンプルであり保守性が良い。	ロープによる索取りであり追従性は良好である。	ウエイト位置制御が複雑である。接続後は、安定した結合が得られる。	構造がシンプルではあるが自動化が困難である。
2案	フックによる自動係留方法	・アーム先端のフック部を船体側専用接続部に指込アームの引込み力により船体を係留する方法。 ・操作手順が少なくシンプルな構造である。	1案に比較し可動部は多いがシンプルな構造であり安価である。	軽量であり、可動部が少ないので扱いやすい。	駆動部が少なく保守性が良い。	各関節部の可動部により本船への追従を行うため、ロープ係留に対しやや劣る。	接続位置は、限定される。但し、接続範囲を広く設定可能。	大きな本船改造が必要となる。又、船体と係留装置の接続がやや行い難い。
3案	吸着盤による係留方法	・アーム先端に吸着盤を装備し船体を吸着後、アームの引込み力により係留を行う方法。 ・吸着部を任意に設定可能である。（但し、吸着は平面部に限る。）	可動部が多く又、真空装置を追加する必要があるため高価である。	2案に比べ重量も重く操作性はやや劣る。	駆動部及び機器が多いためやや劣る。	同上	接続位置は、ほぼ任意に設定可能である。但し、本船外板に醸装品等が装備されてない事又、外板に曲り部がない事が条件となる。	経済性及び保守性がやや劣るが、吸着位置が任意であり自動係留作業には、優れている。
4案	吸着盤及び、防舷材を一体化した係留方法	・3案の吸着部に防舷材を取付け昇降可能な構造とした方法。 ・防舷材を上下移動可能とし、縦方向に数個必要であった防舷材を船首、船尾各1個とする構造。	3案に対し防舷材を一体化する事により防舷材の数量を減少させ本システム全体として経済性の改善が期待できる。	同上	同上	3案に比較し全体重量も重く追従性に劣る。 x	同上	保守性がやや劣るが、吸着位置が任意であり自動係留作業には、優れている。又、トータル経済性が向上されている。
5案	船体との結合を吸着盤にて行い、吸着盤の引込みをロープにて行う方法（防舷材一体化タイプ）	・4案に対しロープにて吸着盤の引込を行う方法。	4案に対しロープ牽引装置が追加となるが、防舷材の数量減少により本システム全体として経済性の改善が期待できる。	同上	同上	ロープによる索取りであり追従性は良好である。	同上	多の吸着方式に対し本船に対する追従性が改善され又、吸着位置が任意に選択可能であり優れている。

表 - 1（係留方式比較表）

上記の前提条件をふまえ総合的に比較検討を行った結果、下記の特徴を持つ5案が最も優れており、採用することとした。

- ・ロープ係留であるため本船の喫水、揺動変化に対し追従性が良好である。
- ・吸着盤を採用しているため吸着位置が任意に選択可能である。
- ・防舷材の数量を減少出来ることにより経済的である。

5案を基にした装置を図-3に示す。

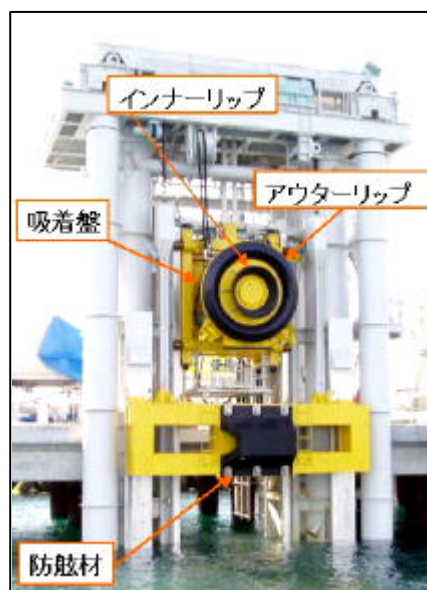


図 - 3（自動係留装置）

2.3 自動陸上排送システム

自動陸上排送システムは、陸上排送管（本船上）と排送管（陸上側ドルフィン上）の接続、泥倉土砂の陸上排送、離脱を遠隔・自動操作するものであり、本船上操作卓から遠隔制御・監視が行えるようにした。

2.3.1 陸上排送管接続装置の検討

6つの案について表 - 2 のとおり比較検討を行った。

	排送管接続方法	本装置設備の概要と経済性	休止動作時の安全性	耐久性・保守性	係船位置への本装置の追従性	本船側への接続・確実性	本船動揺への追従性	カップリングのシール性（交換性離脱制）	動力×制御エラー時の対応性	管内流速抵抗性	総合評価
1案	差し込みによる方法	構造が単純で設計製造ともに容易	休止時は問題なし作動時の追従性に問題あり x	装置部品が少なく保守性が良い	係船位置誤差に追従できない x	差し込みカップリングであり確実でない x	カップリング上下のホースで取る	シール性は確実でないガイド朝顔の寿命が短い x	陸側操作となる x	90°管2組	解決しなければならぬ問題点が多い x
2案	差し込みによる方法	構造が単純であり設計製造が容易	キャスト保持のため不安定 x	不安定のため保守・耐久性とも問題有り x	X Y シリンダーで追従するが確実でない x	引き揚げロープの取込みが確実でない x	引き揚げるため追従良好	シール性は確実でない x	陸側操作となる x	90°管3組	ホース動態吊り揚げ機構等見えない部分が多い x
3案	カップリングによる方法	部品数及びアクチュエータが多く設計製造共に高価 x	全キャスト保持であるが、シリンダー封圧にて保持	作動数が多いため保守性が悪い x	係船位置への誤差距離が大きく取れるが精度が悪い x	平面受けとセンタリングシリンダーで対応	偏角をセンサーで受け、下のカルダンリングが油圧で同期、レスポンスに問題 x	平面シールを採用シール性良好	ロックシリンダーを自動開放できる	45°管6組 9°管1組	機構を単純化する必要あり x
4案	案内ローラ付きカップリングによる方法	3案の追従距離を小さくしたものの	X Y シリンダーで保持する	アクチュエータ数が多い。船速に機構があり保守性に問題あり x	X Y シリンダーによる大きくできない x	ガイド朝顔と平面カップリング組合せ。シールはするがガイドが損耗	船側のホースと陸側のホースで対応	平面シールのため交換が容易	自動ロックを外し離脱	45°管4組 90°管1組 x	本船動揺は問題ないが回転運動追従を単純化する必要あり
5案	Y型受台付きカップリングによる方法	合理的に作動し無理がない諸作動の確実性が高い	全ての荷重は台車で受ける。センタリングは装置自重で作動し自動的。作動部はシールで安全	動揺、回転に無理がなく部品が少ないので保守性が良い	レールシリンダーで構成。精度、レスポンスが良い	船側、陸側共に台車にあずれ横方向の差異は台車内ホースで吸収	吊り揚げられた台車ホースで対応	平面シールカップリングロックを外し吊り揚げる	制御エラーが出ても機構的に損傷する部位がない	45°管1組 90°管2組	引き揚げ装置は液圧駆動で開発装置となる
6案	5案と同様	・5案と比べての動揺を本船に取付けたホースで対応 ・本船の様相が変わる ・部位が少なく構造が単純	5案と同様船側に取付けたホースの固定に難あり	船側ホースの保守に難あり	5案と同様	諸作動が制御に依存する度合いが大	吊り揚げられたホースで対応	平面シール交換性良好	5案と同様	45°管1組	5案と同様

表 - 2 (陸上排送管接続装置比較表)

上記の前提条件をふまえ総合的に比較検討を行った結果、下記の特徴を持つ5案が最も優れており、採用することとした。

- ・動揺、回転に無理がなく、耐久性及び保守性が良好である。
- ・本船係船位置への台車の追従性が良好である。
- ・本船動揺への追従性が良好である。
- ・シール性が良好で漏泥対応が出来る。

5案を基にした装置を図 - 4 に示す。

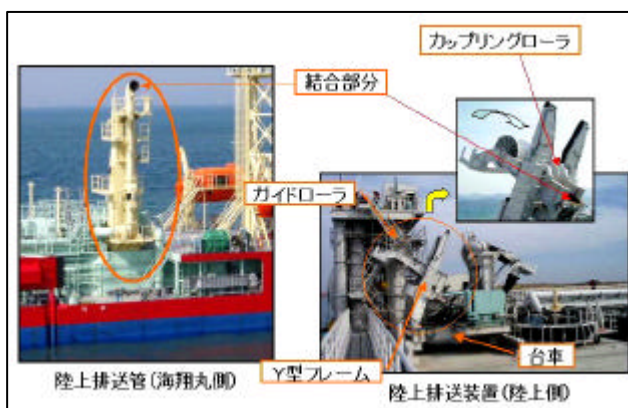


図 - 4 (自動陸上排送装置)

2.4 全体イメージ

本システムの全体イメージ図を図 - 5 に示す。



図 - 5 (全体イメージ図)

3. まとめ

今回本船の自動操船システムを始め、自動係留システム、自動陸上排送システム、係留装置、陸上排送管接続装置など、本船の自動離接岸方法及び自動陸上排送方法を幅広く検討して、自動係船システムの設計を行った。さらに各システムの制御ソフトを開発し、海上での実船シミュレーション試験でその有効性の確認を行った。

本システムは、本年度より海翔丸において運用開始されており、棧橋への離接岸作業時の操船の自動化により、昼夜繰り返される離接岸作業の負担軽減、係留の際必要であった陸上側での索取作業及び本船の喫水変化による索長調節のための船上におけるウインチ操作の省略、夜間の危険作業の回避、さらに土砂の陸上排送時における陸上排送管（本船上）と排送管（陸上側ドルフィン上）の接続、泥倉土砂の陸上排送、離脱の自動化により陸上排送作業の負担軽減の効果が得られている。

さらには、運用開始後の状況をまとめ離接岸時間の短縮を図って行きたい。

本システムは他の国有浚渫船や頻繁に離接岸を繰り返すフェリーなどの一般船舶にも応用可能であり、そのための必要な格付も続けて行きたい。

トンネル照明灯具洗淨装置開発に関する研究

日本道路公団中国支社保全部施設保全課山田雄二

1、はじめに

近年、JHの取り組みとして、道路施設資産の増大、老朽化の進行に対する施設設備の延命化及び管理コストの削減を図るための技術開発を行っている。今回、道路施設資産の多くを占めるトンネル施設について、その劣化、老朽化の主たる要因が路面凍結防止対策として散布する塩分や通行車両からの排気ガスに含まれる酸化化合物であることから、トンネル施設設備の延命化及び清掃作業等の効率化を図ることを目的として、新たに「トンネル照明灯具洗淨装置（以下「洗淨装置」という。）【写真 - 1】の開発を行うと共にその効果について検証を実施した。



写真 - 1（トンネル照明灯具洗淨装置全景）

2、装置概要

洗淨装置の開発にあたっては、従来専用車両を用いた回転ブラシ方式（以下「ブラシ方式」という。）【図 - 1、写真 - 2】による清掃を行っていたが、トンネル照明灯具は防水性能を有しており、水による影響を考慮する必要がないため、ブラシ方式から、より清掃効果の高い、高圧水洗淨により付着物を除去する方法とし、次の点をポイントに開発を行った。



図 - 1（清掃イメージ図）



写真 - 2（回転ブラシ方式によるトンネル照明灯具の清掃）

回転ブラシ方式
ブラシの回転により照明灯具『前面』の粉塵等を除去する清掃方法

	開発のポイント	導入効果
1	洗浄装置のみを開発対象にし、車両については既存のリフト車に搭載する構造とする。【写真 - 3】	導入コストの削減

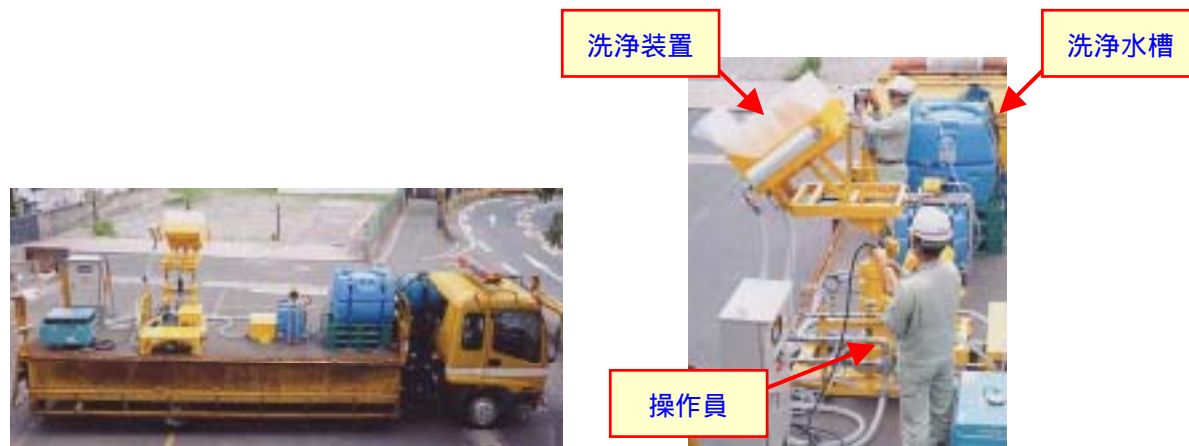
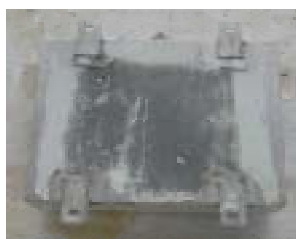


写真 - 3 (リフト車搭載状況)

	開発のポイント	導入効果
2	ブラシ方式による清掃では不可能であったトンネル照明灯具『側面・裏面』の清掃を可能とする。【写真 - 4】	トンネル照明灯具の延命化による更新費用の削減



清掃前



清掃後

写真 - 4 (トンネル照明灯具裏面清掃状況)

	開発のポイント	導入効果
3	洗浄装置による清掃をトンネル照明灯具以外の諸設備にも使用できるものとする。【写真 - 5】	清掃作業の効率化及び機器の延命化



トンネル消火栓

避難誘導標識

写真 - 5 (諸設備清掃状況)

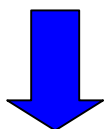
3、洗浄装置操作方法

トンネル照明灯具の清掃方法は、「洗浄装置本体で灯具を包み込むようにセットし、洗浄装置本体にある高圧ノズルで水を噴射しながら汚れを洗い落とし、エアブロワにより水滴を除去する。」といった一連の作業を車両を移動させながら行うことにより従来の清掃方法と同等の作業性を確保している。【図 - 2、写真 - 6】また照明灯具清掃部は着脱式になっており、アタッチメントを交換することでトンネル照明灯具清掃後に、消火栓、避難誘導標識等の洗浄も可能な構造とし作業の効率化を図っている。

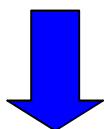
清掃手順



洗浄装置セット前（リフト車搭載状況）



洗浄装置セット後（装置を上昇させる）



進行方向

車両を移動させながら清掃

洗浄状況（青色：高圧水 緑色：エアブロワ）

図 - 2（洗浄装置操作方法）



トンネル照明灯具洗浄状態

トンネル照明灯具洗浄状態

写真 - 6 (洗浄装置清掃状況)

4、洗浄効果の検証

本洗浄装置の洗浄効果の検証を現地にて行い、その結果について報告する。ブラシ方式と洗浄方式の清掃効果の違いを清掃前後の付着物の重量で比較した場合、トンネル照明灯具前面のガラス部分においては、ブラシ方式と同等の効果があった。一方、トンネル照明灯具の側面及び裏面については、従来のブラシ方式では清掃できなかったが、今回の洗浄方式とすることで付着物の80%程度が除去できることが確認できた。【表 - 1】

		前面 (ガラス面)	側面	上面	裏面
清掃作業前		0.06	2.01	2.59	1.71
清掃後	洗浄装置	0.00	0.05	0.01	0.27
	ブラシ方式	0.03	-	-	-

4 ~ 5 灯の平均値

単位：mg/100cm²

表 - 1 (付着物の重量)

5、まとめ

現地試験の結果により、開発当初の目的であったブラシ方式では清掃できていなかったトンネル照明灯具『側面及び裏面』の付着物の除去が本洗浄装置では可能になったことが確認できたことで、トンネル照明灯具の延命効果が充分期待できると思慮される。

今後は、この洗浄装置による洗浄方法がトンネル照明灯具の延命化にどの程度効果的であったかの検証を継続的に行い、より有効な対策を実施していきたい。

東京港臨海大橋 主橋脚部に用いる新技術

関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 設計室 飯塚 知浩

東京港臨海道路は、物流機能の向上、周辺道路混雑の緩和、交通の利便性向上を目的として、東京港湾岸道路沖側埋立地間を結ぶルートを計画している。延長約8kmのうち、第一期については第一航路を横断する臨海トンネルを含む約3.4kmで、東京都の事業として整備され、現在供用されている。第二期については東京港第三航路を横断する東京港臨海大橋（仮称）を含む約4.6km区間で、平成14年度より直轄にて事業を開始した（図-1）。

本橋は橋長760mで、設計条件は図-2の通りである。本橋の主橋脚（MP2、MP3）の特徴としては、次の2点が挙げられる。上部工反力100,000kNという大反力を支持すること。

Ac2層というN値ゼロの軟弱な粘土層が約30m堆積し、支持層が深いこと。このため、主橋脚の設計においては、すべり型免震支承・軽量コンクリート・縞鋼板継手・大口径杭の載荷試験など、新技術および新工法の採用を視野に入れた各種検討を実施し、経済的な構造となるように工夫している。今回は“ズレ”をキーワードに すべり型免震支承（日本最大規模）と 縞鋼管継手（採用実績が少ない）の2つの報告を行う。



図-1 位置図



図-2 構造図および設計条件

1. 支承に用いた新技術（すべり型免震支承）

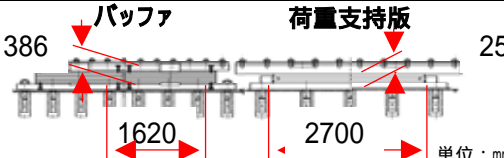
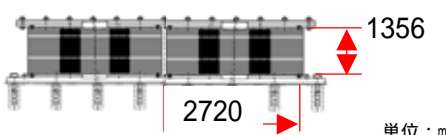
(1) 支承構造の決定経緯

上部構造から伝達される地震時水平力を低減することができる、これを支持する構造の規模を小さくすることができる。その方法のひとつに、下部構造躯体の塑性化による変形で地震時水平力を吸収させる方法がある。しかし、本橋の下部構造躯体は全体構造の規模に対して小さく、地震時に有効な塑性化を期待することが難しい。大規模橋梁なので、橋脚基部に発生した残留変位を地震後に復旧することが困難である。これらのことから、下部構造躯体の塑性化は本橋に不適と判断した。そこで、地震時水平力を支承部で低減（免震）することを目的として、免震支承構造を採用した。

免震支承について構造比較を行ったところ、本橋に発生する地震時水平力は、これまでの免震支承の実績の約3倍に達する。このため、従来型の支承では工場の製造能力を超える。そこで、支承の各機能を役割の異なる2つの支承（荷重支持版とバッファ）で分担することによってコンパクトにできる“すべり型免震支承を採用”した。コストや維持管理も

含め、すべり型免震支承は従来型と比べ総合的に優位であることがわかる（表-1）。

表-1 免震支承の比較検討

	すべり型免震支承（採用）	従来型の代表／鉛プラグ型ゴム支承（不採用）
構造	 <p>荷重支持版 鉛直力 単純に支持する。水平力 荷重支持版が水平方向にズれることにより力を減衰させる。 バッファー 鉛直力 支持しない。水平力 バッファ（ゴム製）により往復運動させる。</p>	 <p>積層ゴムの中に鉛直に配置された鉛プラグの塑性変形により減衰効果を持つ支承である。</p>
製造設備	鉛直、水平支承ともに現在の製造設備で 製造可能	現在の製造の設備で可能な製作寸法をやや上回る
品質管理	ゴムの露出面が小さく維持管理は左案に比べ容易。	ゴムの露出面が多く十分な維持管理が必要。
取替え	各支承規模が小さく、支承取り替えは可能。	支承規模が大きく、取り替え工事は不可能。
経済性	1.00（支承材料・製作）	1.70（支承材料・製作）設備投資は除く

(2) 載荷試験の必要性

すべり型免震支承の荷重支持版（写真-1）は、すべり面が“ズレ”ることによって発生する“摩擦力”で、地震力を減衰する構造である。このため、荷重支持版の摩擦係数の設定が耐震設計におけるポイントとなる。

摩擦係数は、すべり面に作用する圧力（面圧）に応じて変化することが知られている。本橋のように 上部構造の重心が高く、同一橋脚上の支承間の距離も長い構造の場合には、橋軸直角方向の軸力変化が生じやすく、これに応じて面圧も変化する（図-3）。

一般の桁橋などでは、常時に対する地震時の軸力変化が20%程度であるが、本橋では100%程度と大きいため、この影響は無視できない。よって、面圧に依存した摩擦係数の変化を確認する必要がある。

また、載荷速度によっても摩擦係数が変化することが知られているためこれも確認する必要がある。これらを、鉛直方向と水平方向の力を再現することのできる2軸方向の載荷試験により確認することとした。

摩擦係数の変化に関する基本的な解析モデル式は既往の研究により提案されており、今回の試験ではこれをもとに本橋に適した解析モデル式を設定した。

(3) 載荷試験のまとめ

載荷試験の結果、式-1を提案した。表-2 で提案値に対して上限値および下限値とあるのは、設計に際して安全側の値を選択できるように配慮したためである。また、本橋に適した摩擦係数の比較を目的として、摩擦係数の異なる2種類の供試体について値を設定した。



写真-1 荷重支持版

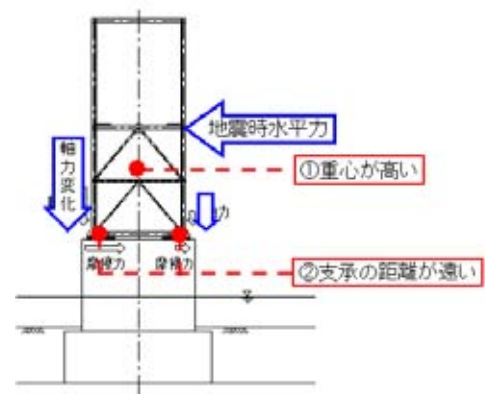


図-3 主橋脚断面図

$$\mu (P,V) = [S' \{ 1 - \exp(-nV) \} \{ 1 - \exp(-kP) \} / P +] \dots\dots\dots \text{式-1}$$

ここに μ : 摩擦係数

P : 面圧 (kN/cm²)

V : すべり速度 (cm/S)

S', k, , , n

: 材料パラメータ

表-2 材料パラメータの設定

		S'	k		n	
摩擦係数 0.15	上限値	1.4	0.085	0.040	1.85	0.25
	提案値			0.025		
	下限値			0.008		
摩擦係数 0.10	上限値	1.0	0.150	0.045	1.50	0.10
	提案値			0.025		
	下限値			0.005		

(4)摩擦係数の比較

載荷試験の結果を受け、2つの供試体について本橋に適用した場合における比較検討を行った。その結果、両者の免震効果に有意な差がないが、摩擦係数 0.15 の供試体はデータのばらつきが少なかったことや、使用実績が多いことから採用と判断した。

表-3 摩擦係数の比較検討

	摩擦係数 0.15 (採用)		摩擦係数 0.10 (不採用)	
	レベル1 (kN)	レベル2 (kN)	レベル1 (kN)	レベル2 (kN)
地震時水平力				
橋軸方向	52,470	146,310	49,489	146,440
直角方向	45,753	180,460	44,574	180,780
評 価	<ul style="list-style-type: none"> ・免震支承としての使用実績が多い。 ・免震効果は、ほとんど同等である。 ・第2案と比べ 		<ul style="list-style-type: none"> ・免震支承としての使用実績がない。 ・免震効果は、ほとんど同等である ・第1案と比べ 	
	やや実験データのバラツキが少ない		やや実験データにバラツキがある。	

2. 基礎に用いた新技術 (縞鋼管継手)

(1) 縞鋼管継手の採用経緯

本橋の基礎は、鋼管矢板井筒基礎で計画している。地震時は、鋼管矢板相互の“せん断変形” (写真-2) が卓越する特徴がある。鋼管矢板同士をつなぐ継手のせん断特性 (“ズレ”にくい事) が耐震設計上のポイントとなる。

従来の素管継手を用いた基礎の安定計算結果では、地震時に大きなせん断変形を受け、鋼管に作用する断面力が増加し、これらを許容値内に抑えるために鋼管の本数や肉厚を増加させる必要があった。それに対して縞鋼管継手は 継手鋼管の内側に縞状の突起をつける (写真-3) また 継手に充填するモルタルの強度を 40 MPa にアップする。などの特徴を有し、従来の素管継手よりも優れたせん断特性を発揮することが期待できる。このため、縞鋼管継手を用いると鋼管矢板井筒基礎全体の剛性が増し、鋼管に作用する断面力が減少することから、杭本数を減らすことができ、コスト縮減が可能である。

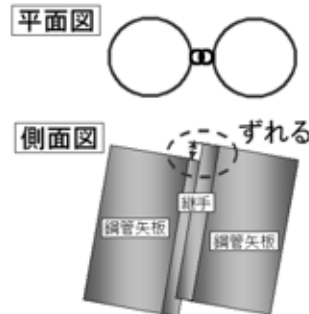


写真-2 せん断変形のイメージ

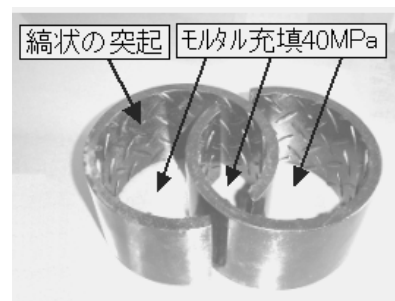


写真-3 縞鋼管継手

(2) 載荷試験

縞鋼管継手は、過去に採用された実績も少なく、これらに関する研究も数少ない。このことからせん断特性を把握するため、押抜きせん断試験により、縞鋼管継手にせん断力を

作用させて継手の相対ずれを追跡し、せん断耐力およびせん断剛性の設定を行った。

載荷試験の結果、図-4 に示すような結果を得ることができた。せん断耐力の設定は P - 曲線ですれ変位が急変する点（降伏点:1,440kN/m）に対して、安全率：1.25（倍率 0.8）を見込んだ値をレベル2地震時せん断耐力(1,150kN/m)とした。せん断剛性については、荷重変位曲線の包絡線とレベル2地震時せん断耐力曲線との交点と原点を結ぶ割線剛性とした。なお、レベル1および常時についてはそれぞれ応力の上限值を設け、弾性範囲内での挙動における許容値を設定することとした。なお、素管継手（充填モルタル 20Mpa せん断耐力 200kN/m）と比較すると、約6倍せん断耐力が向上することがわかった。

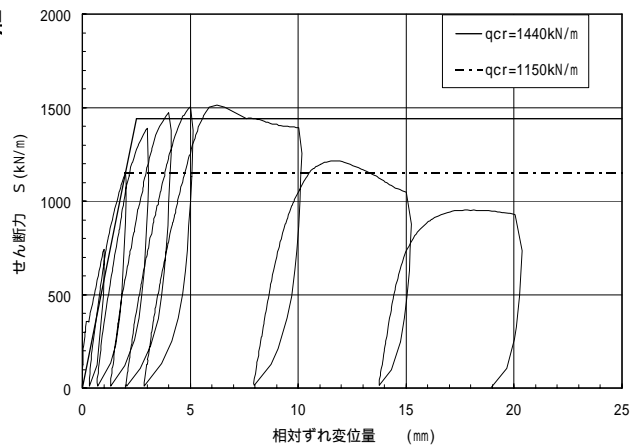


図-4 縞鋼管継手のせん断特性

(3) 縞鋼管継手採用による効果

縞鋼管継手と素管継手について、本橋の基礎に適用した場合について比較を行った結果、縞鋼管継手のほうが杭本数を35%減少できることがわかった。

表-4 縞鋼管継手の効果

	縞鋼管継手	素管継手
構造形状		
	単位：mm	単位：mm
基礎作用力	L2：H = 150,300kN，M = 3,891,700kN・m	L1：H = 61,800kN，M = 1,259,700kN・m
せん断耐力	L1 = 60,299kN，L2 = 60,299kN	L1 = 14,877kN，L2 = 22,372kN
杭本数	93本（比率：0.65）	144本（比率：1.00）

おわりに

今回は“ズレ”をキーワードに すべり型免震支承と 縞鋼管継手の報告を行った。東京港臨海大橋は、平成22年度の完成に向け、今年度は全工区の細部設計を行っている。着工の日は刻々と迫っている。今回のような新技術採用の検討は、経済的なメリット、工期短縮を含むあらゆる可能性を秘めている。その積極的な活用は今後の同様な事例のさきがけになると考えている。工期は“ズレ”ない範囲で、できる限りの新技術への挑戦を今後も続けてゆきたい。

視線誘導効果にすぐれた連続式視線誘導施設について

近畿地方整備局 奈良国道事務所 電気通信課 土田 健次

1. はじめに

名阪国道は一日約6万台が利用する関西圏と中部圏を結ぶ大動脈として重要な機能を果たしています。

名阪国道の道路構造は特に福住IC付近から天理IC付近までの高低差が約400mと線形が厳しい道路となっており、年間を通して事故が多く発生しています。

奈良国道事務所では、平成14年度から順次大道カーブ上り、神野口カーブ上り、米谷カーブ下りに視線誘導効果にすぐれた連続式視線誘導施設を設置しました。

本論文では、大道カーブ上り（単独事故が多い）での、導入の効果と評価、導入に向けての課題等について報告します。

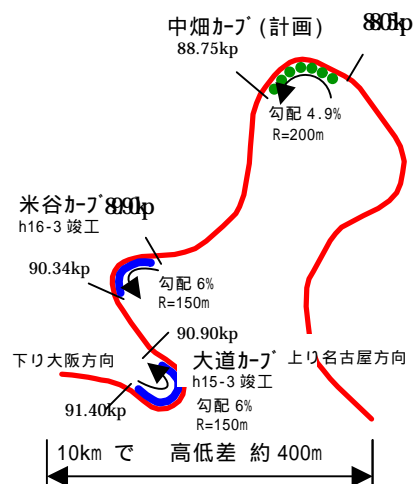


図 1 名阪国道 カーブ 視線誘導施設設置位置図

2. 連続式視線誘導施設の必要性

2.1 視線誘導施設の現況

外側線、ガードレール、中央分離帯を除きデリネータ、矢印標識、反射シート、点滅ランプ等が設置されています。

また連続的に視認できたとしてもヘッドライトによる反射を利用したものが多く、反射角度によって線形が連続的に視認できる設備は少ない。



写真 2-1 大道カーブ上り 視線誘導施設

2.2 設置の目的

「連続した線形として視認できる表示」として道路の線形、勾配等を示すことにより、交通安全と事故の抑止を目指します。

- 1) ドライバー自身が道路の現況を判断する材料を提供し運転操作を支援する。
- 2) 自発光器具で構成され連続した線形として視認できる表示として視線誘導する。



写真 2-2 視線誘導施設道路鉛直面

2.3 設置方法

ドライバーが注視できるように、中央分離帯上の1.1mの高さに設置した。

3. 連続式視線誘導施設の概要

3.1 構造

視線誘導施設の器具は、直線及び緩やかなカーブ区間に使用する直線用及びカーブの程度に合わせて使用するカーブ区間用について設計し、夫々の箇所に使用することとし、器具の長さは1mとしました。

3.2 性能

- 1) 反射形 LED は、前方への光の取出し効率が従来の砲弾型に比べ2～5倍。
- 2) 発光色は、赤色と黄緑色。
- 3) LEDユニットの振り向け角度は、道路横断方向より運転者の視線方向へ45度
- 4) 路肩（外側線）照射用として道路横断方向は鉛直角60度
- 5) 電源はAC200V DC24V
- 6) 消費電力：4W/ユニット以下
- 7) 順方向電流：160mA/ユニット以下
- 8) ピーク光度：10cd/個以上
- 9) 光度補正は明るさを50%、100%の2段階に調整

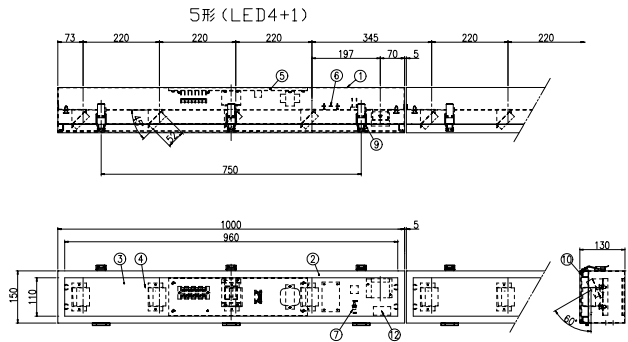


図3 LED 視線誘導灯器具構造図

4. 視線誘導施設の設置効果の検証

4.1 視点挙動分析調査

設置効果の検証を行なうため、ドライバーの注視特性をアイマ-クレコ-ダを使用して視点挙動分析調査を実施しました。

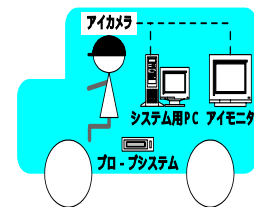
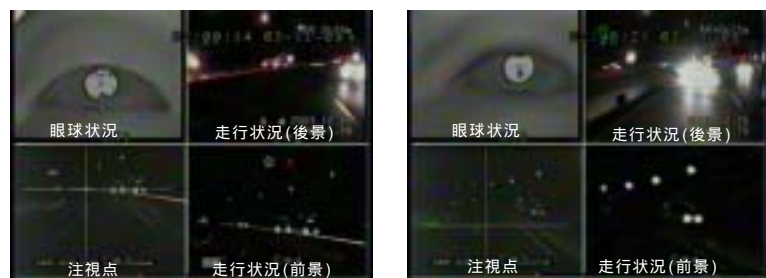


図4 アイマークレコ-ダの実験車両構成図

4.1.1 分析の条件

効果評価に当たっては、可能な限り近似した交通環境、ドライバー特性のデータを用いた。更に被験者の運転挙動が前方車両に影響を受けずに走行できるよう、前方に車両が存在しない自由走行状態でのパターンを抽出し分析対象データとしました。

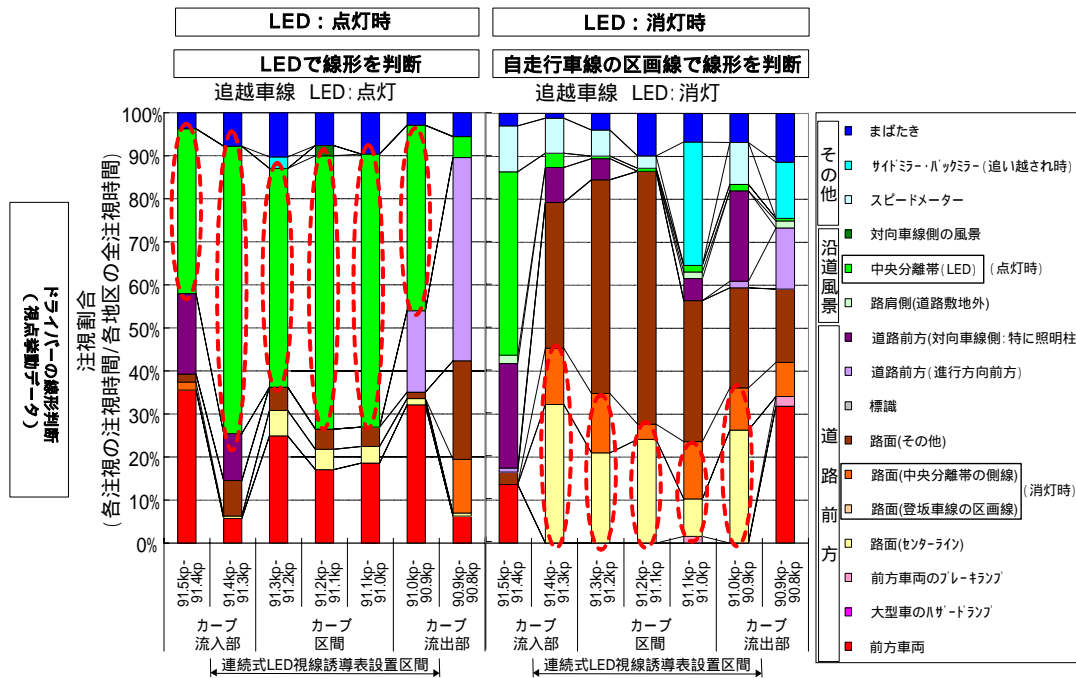


(1) 点灯時の走行

(2) 消灯時の走行

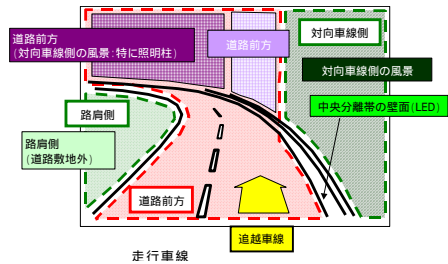
図4 - 1 視点挙動分析調査のビデオ映像

4.1.2 分析結果



4.1.3 評価

- (1) アイマークレコーダによる分析結果、ドライバーの注視特性は交通環境(周辺車両の位置と走行状態、周辺風景、構造物等)、ドライバー特性により左右される結果となった。
- (2) 点灯時の速度特性は、連続式視線誘導施設で線形を判断し、線形の急な変化を事前に認知し、カーブ流入時に十分な減速行動をし、カーブ区間を比較的安定した速度で走行しており、消灯時は、路面前方の目標物を探しながら減速しカーブ区間を走行しています。
- (3) 昼間時の走行では前方車両に接近した場合等以外は特に注視物は定まらず比較的リラックスして自由に運転している。
- (4) 視線誘導灯点灯時は、連続式視線誘導施設を注視する時間の割合が非常に長くなり、連続式視線誘導施設によって道路線形を判断して走行していることがわかる。
- (5) 視線誘導灯消灯時は、道路面前方、区画線、中央分離帯、対向車側風景等と注視するものが変化すが、路面前方注視、区画線注視の割合が長くなる。
- (6) 走行車線でも同様な傾向が得られました。



視線誘導施設設置区間<上り線(90.9kp~91.4kp)>の昼夜間別天候別事故発生状況

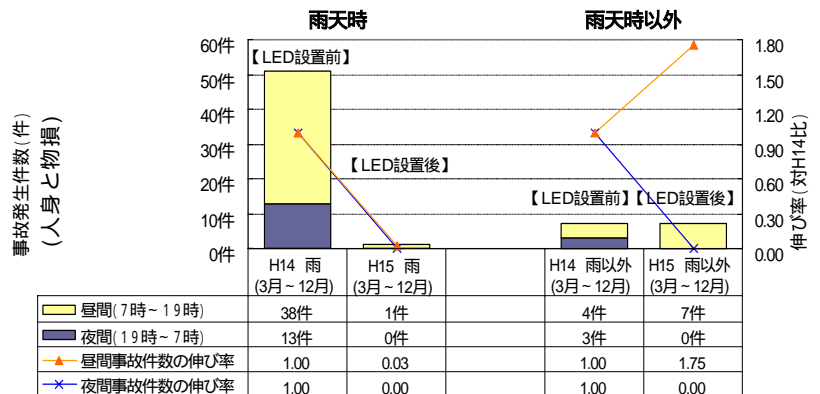


図4-2 大道カーブの事故件数の変化と推移

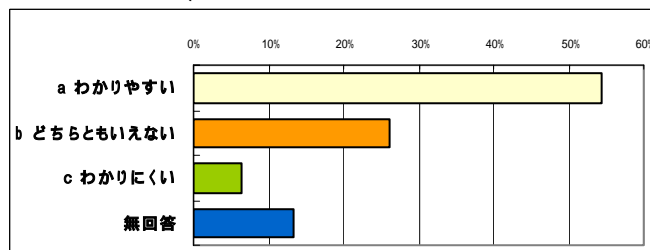
4.2 事故件数の変化

図4-2に示すとおり、大道カーブ上りでは事故が減少しました。 但し、排水性舗装の施工を同時に実施しており、単独での効果検証はできていません。

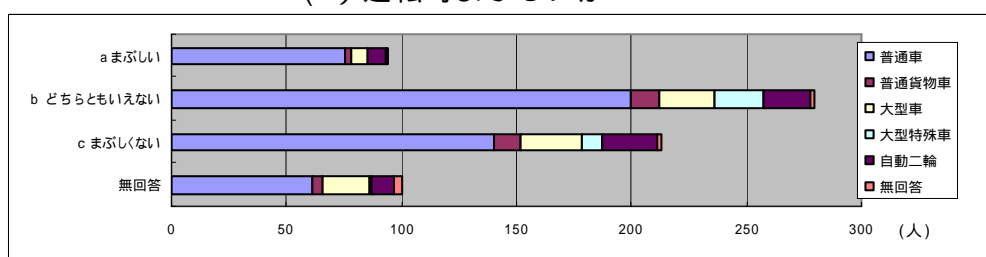
4.3 アンケート調査

平成15年12月14日(日)、17日(水)の両日、大道カーブ上り、神野口カーブ上りを対象に針TRSにおいてアンケート調査(男性:518人、女性:166人、無記入:3人)を実施しました。

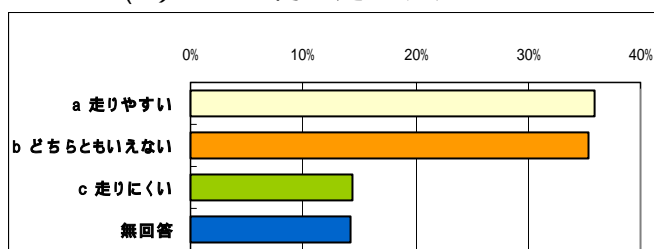
(1) 道路の線形



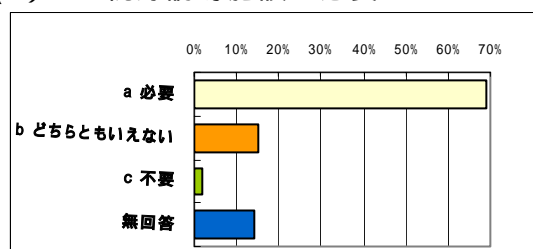
(2) 運転時まぶしいか



(3) カーブ内の走りやすさ



(4) LED 視線誘導施設が必要か



アンケート結果から、約半分以上の方が道路の線形が判り易く、本施設により、3分の1の方が走りやすいと答えています。 ただし、今後の課題として、運転時に眩しいと答えた方が約3割でその大半が乗用車であり、眩しさの対策が必要です。

しかし、約7割の方が施設は必要と回答し、連続式視線誘導施設は「有効な施設」との評価を得ました。

5. まとめ

今回開発設置した連続式視線誘導施設は、自発光器具のため、車両のヘッドライトの方向や角度に無関係となり、運転者から見れば線形が視認しやすく、カーブの程度や勾配についても把握し易い設備とすることができ、十分な視認効果が期待でき事故の減少を裏付ける結果が得られました。

今後は米谷カーブ・中畑カーブの下り勾配での効果検証と内カーブについても設置検討を行って行く予定です。

電波を使った凍結防止剤濃度測定実験について

飯田国道事務所 工務課 電気通信係長 伊知地 誠

1. はじめに

冬季の道路維持管理において、凍結防止剤散布は円滑に道路を機能させる上で欠かせない作業となっているが、路面に散布された凍結防止剤の与える影響は、道路付属施設のほか、自然環境にも影響をもたらしていると一部で報告されている。

しかし、凍結防止剤の散布タイミング、散布量に関しては、規定や基準等が明確になっていない場合が多く、適正な道路管理を行うためには、路面上の凍結防止剤の濃度を客観的にかつ正確に測定することが必要となる。

本報告では、効率的な凍結防止剤散布と沿線における土壌と河川への混入を最小限にする事を目的とし、電波を用いた凍結防止剤の濃度測定の実験結果を報告すると共に、本システムを利用した今後の道路管理の在り方についても報告するものである。

2. 非接触式凍結防止剤濃度計測の概要

2.1. 計測方法の現状

現在、道路上の凍結防止剤濃度を測定する方法として、道路埋設型や接触式の濃度測定器が実用化されている。しかし、埋設式の場合は、走行車両による振動やタイヤチェーンによる衝撃等を直接受けることにより、安定性に不安があると共に、保守面に問題がある。

また、接触式の場合は、人が道路上の液体を直接採取、測定する必要があることから、手間がかかる上に危険を伴う恐れがあるなど、凍結防止剤濃度の測定に関しては、非接触式の測定が前提となる。

2.2. 非接触式凍結防止剤濃度測定について

非接触検出方式である電波を用いた凍結防止剤濃度測定に関して、実道路における測定の可能性（精度、分解能、安定度）に関して実験を行った。

実験は図1に示すように、国道153号線の93.9Kp 治部坂峠（標高1187m）に機器を設置し、2004年の1月～3月の期間（約7週間延べ12日間）で行った。本実験システムのイメージを図2に示す。



図1 実験場所

道路上5.5mに設置した送信アンテナから、2GHz～6GHzの微弱電波（3m地点における電界強度 $35\mu\text{V/m}$ ）を道路に向けて発射し、道路から返ってくる反射電波の受信強度と位相の変化を反射特性（反射率）として取り込むことで、水、凍結防止剤（塩化カルシウムを中心に散布しており以後、塩加と呼ぶ。）の濃度を非接触で測定する。

また、実際の実験装置の設置風景を図3に示す。

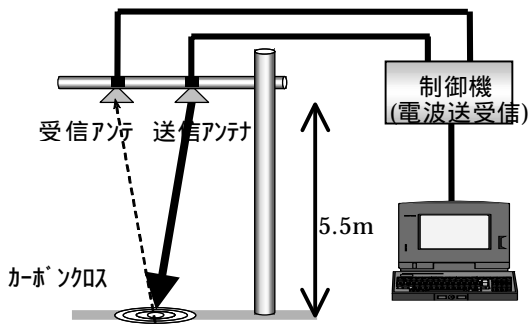


図2 実験イメージ図

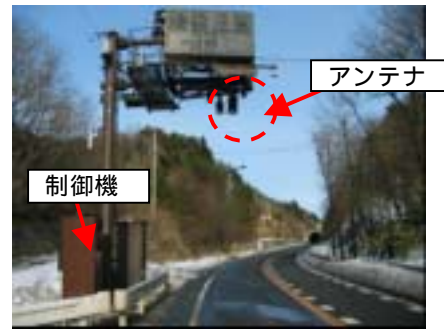


図3 試験設置風景

3. 計測原理及び測定方法

アンテナから路面に向けて発射された電波は、路面上の塩加の濃度や水膜の厚みにより電波の反射特性が変化する。この変化は物体の誘電率が異なることに起因していると考えられ、塩加の濃度と水膜の厚みについても相関にあると考えられる。

実際に各濃度の水溶液を路面に散布し、路面上の水膜厚の変化過程に合わせて電波の反射特性を連続的に測定した結果が図4である。路面に対する実際の測定では、測定値が図4のどの位置に表示されるかによって、塩加の濃度が測定できることになる。

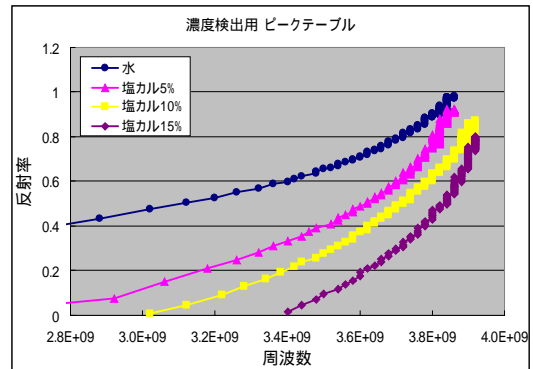


図4 各濃度に対するピーク点の変動

4. 実験結果

実験場所の測定路面状況の一部を図5に示す。

実験結果として、時間経過とともに測定データが変化していく様子を図6に示す。

図中の点 handheld clinometer (手持式屈折計) を用いて、塩加濃度を測定した結果 (以後、実測値と呼ぶ) は点 sensor (センサ) による測定結果 (以後、センサ値と呼ぶ) である。この結果から、センサ値と実測値が良く一致していることが分かる。また、試験的な塩加散布とあわせて、実際の凍結防止剤散布車の通過に伴う塩加濃度の上昇も確認できる。さらに、塩加散布後、弱い降雪により濃度が希釈されていく様子も的確に測定されていることが確認できる。



図5 積雪状態の測定路面

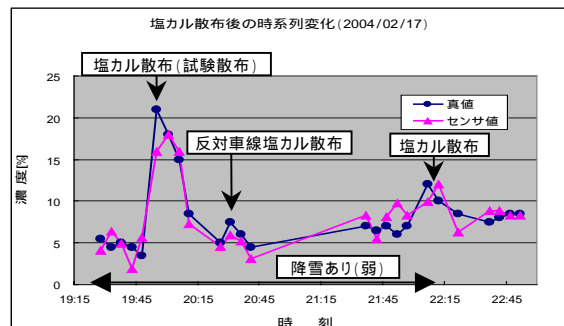


図6 塩カル濃度時系列変化

4.1. 精度評価

今回の実験期間では、延べ 522 回の測定を行った中で乾燥状態の路面は 307 回、湿潤状態（塩加濃度 0%）の路面は 114 回であった。この両者の区別すなわち、乾燥と湿潤（水膜）の区別は 100%の精度であった。

また、塩加濃度が存在する水膜状態の路面は 101 回計測した。101 回の測定結果に対して、精度を評価するため、平均絶対濃度誤差を式(1)のように定義した。結果を表 1 に示す。結果、塩加濃度が計測された全データの平均絶対濃度誤差は 2.1%であるが、塩加濃度 5%未満の危険な状態における誤差は 1.6%となり、危険状態での精度が高い傾向がある。

$$\text{平均絶対濃度誤差} = \frac{|\text{センサ値(自動計測)} - \text{実測値(人による計測)}|}{\text{全サンプル数}} \dots (1)$$

表 1 センサ値と実測値の平均絶対濃度誤差

	全データ (101 回)	塩カル濃度 5%以下 (56 回)	塩カル濃度 5%以上 (45 回)
平均絶対濃度誤差	2.1%	1.6%	2.8%

さらに、実測値の測定上の誤差を考慮し、平均誤差範囲を $\pm 2.5\%$ とした場合の正解率(式(2))を表 2 に示す。表 2 の結果から、実測値に対して、約 80%の正解率で測定が可能であることが確認できた。

$$\text{正解率}(\%) = \frac{\text{実測値から} \pm 2.5\% \text{以内のセンサ値のサンプル数}}{\text{全サンプル数}} \times 100 \dots (2)$$

表 2 水膜状態での塩分濃度正解率

	全データ (101 回)	塩カル濃度 5%以下 (56 回)	塩カル濃度 5%以上 (45 回)
正解率 ($\pm 2.5\%$ 以内)	80.2%	80.4%	80.0%

本実験結果から、微弱電波を用いた非接触式の凍結防止剤濃度計測方式が十分に実用可能なことが確認できた。この他、本測定方式では、1 回の測定に当たり、約 4 分を要すが、測定時間中の通過車両や降雪の影響は受けなかった。

5. 今後の道路管理の在り方

4.実験結果により、塩加濃度の非接触測定に関して、実用可能なシステムであることが確認できた。これに伴い、本測定センサを利用した路面状況管理について、整理検討を行った。

5.1. 危険な路面の把握

図 7 では、塩加濃度と凍結温度の関係（点実線：凍結温度曲線）に対して、測定時点の温度と共に、センサ値（点）をプロットしたグラフを示している。すなわち、センサ値（点）の位置が凍結温度曲線のどちらに存在するかにより、危険状態であるかどうか把握可能となる。

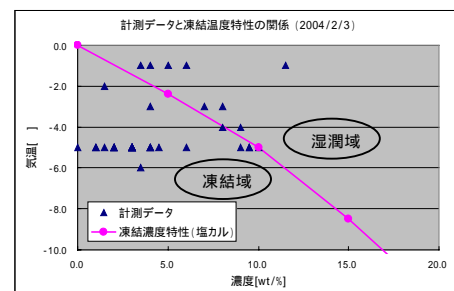


図 7 濃度と凍結温度の関係

5.2. 道路線形に対応した安全走行支援および凍結防止剤散布量の最適化

実験を行った峠や橋梁のように、急勾配の坂道や凍結しやすい箇所では、他の平坦な場所とは異なり、圧雪、凍結状態によるスリップ事故への危険性が高い。このような危険状態の発生しやすい箇所に対しては、現状の路面状態を明確に把握すると共に、凍結防止剤自動散布装置との連携により、凍結防止剤の自動散布を行うことでリアルタイムな雪氷対策が可能となり、安全走行支援、事故防止に関して効果的な対処が可能となる。



また、市街地や平坦な道路においては、前回の凍結防止剤散布による効果が持続している可能性があるため、湿潤状態の判断のみで、凍結防止剤を散布することは過剰な散布となることも考えられる。このような状況においても、明確に情報を把握することで適切な凍結防止剤の散布タイミングと量の最適化が図られ、過剰散布の抑制効果を持つことから、環境への影響も低減できる事が考えられる。

6. まとめ

冬季の道路管理情報として、利用可能な凍結防止剤の濃度測定に関して、微弱電波を用いた新しい非接触式の測定方法のフィールド実験を行った結果から、次のことが言える。

1. 自然環境下における、電波による凍結防止剤濃度計測は平均絶対濃度誤差約2%、平均正解率約80%となり、実用化に向けて十分な性能を確認できた。
2. 非接触式センサを用いた、今後の雪寒対策に関しては、路面の凍結危険状態の早期把握と凍結防止剤の散布タイミング及び、散布量の適正化に利用すればコストダウンに繋がる。
3. 散布車との融合により、凍結防止剤散布場所の状況に応じた自動散布化も可能になることから、雪寒車両の操作支援にも繋がる。
4. 本装置の利用向上を高めるため、冬季以外のセンサとしての利用方法が必要。

なお、今回の実験については、実験ポイントが1箇所であったが、面的管理（路面全体）がリアルタイムで出来るように、路面の凍結状態の早期把握と凍結防止剤の散布タイミング及び、散布量の適正化に向けて、さらなるセンサの精度向上と散布量の改善の実態調査を行っていく必要がある。これらの検討、調査を行っていくことで、5.2項でイメージした冬季の道路維持管理における雪寒対策への適用を現実のものとしていく予定である。

国道4号昇降式道路照明について

～交通規制を伴わない設備保守向上を目指して～

福島河川国道事務所 電気通信課 小島 昇
鈴木正人

1. はじめに

福島河川国道事務所管内には約1200基の道路照明灯が設置され維持管理を行っている。

この、道路照明灯の維持管理する上で一番頻度の高いメンテナンスはランプ交換及び灯具清掃であり、管内1年間で約100回のランプ交換と灯具清掃を実施しているのが現状である。

しかし、一口にランプ交換や灯具清掃といっても、道路照明灯は、交差点や急カーブ、橋や横断歩道など、夜間時における危険性が高まる場所に設置されており、ランプの不点状況が長く続く事は安全性等の問題から許容出来る状況ではないが、高所作業車の手配や交通規制等準備に時間がかかり即時対応が難しい状況である。

このため、福島河川国道事務所では、独自に検討開発した、昇降式道路照明器具の整備を進めており、ランプ交換等を行う場合の、準備期間の短縮や交通規制の省略など現状照明設備より効率的で、照明施設維持管理において有効な対策であり、詳細について報告するものである。



写真 1 （昇降式灯具）

2. 昇降式照明器具の概要及びその特徴

2.1 昇降機構部の概要

照明ポール下部の安定器取り付け窓内部に設置したワイヤー巻取機構部からワイヤーを繰り出す事で照明器具本体の内部ユニットを降下させる。

ワイヤー巻取機構部の操作は、充電式電動ドリルを用いる事で簡単に行える。内部ユニットを上昇させる場合は電動ドリルを逆回転させるだけで、いたって単純な機構である。

2.2 安全対策

万が一の故障に備えた安全対策は歩行者等に対しても安全性を確保するように、このような安全対策が取られている。

内部ユニットは器具内にあるフックで保持されており、ロック開閉用ワイヤーで開閉する。

万が一、ロックがはずれても巻取器機構部にウォームギアを用いる事で、内部ユニットは下降することが無い。

なお、この状態でワイヤーが破断しても電源ケーブルを未接続でない限り内部ユニットは下降することが無い。

最悪、この状態でワイヤー及びケーブルが破断した場合、内部ユニットは落下することになるが、ポールのテーパとガイドリングの径により一定の高さで落下が止まる様に設計されており、地上に落下することは無い。

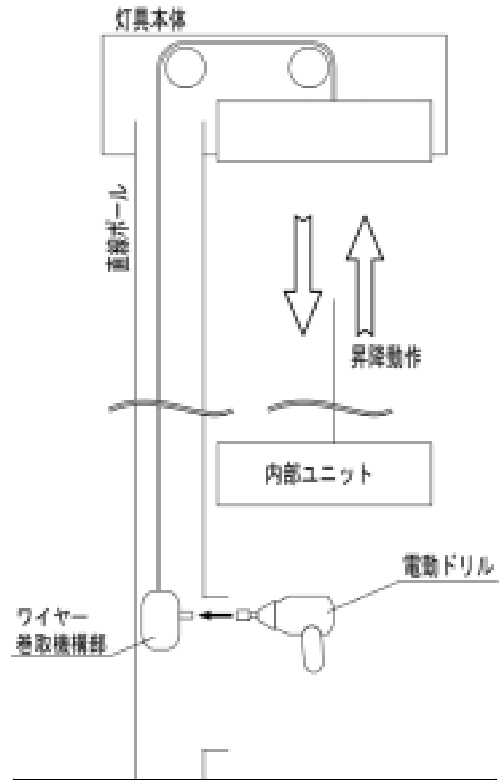


図 1 (升降式灯具機構部の概要)

2.3 既設照明ポールへの適用

既設照明ポールへの対応は、直線式ポールのみではあるが、灯具・ジョイントボックス交換と安定器取り付け位置の変更で対応可能である。

3. 昇降式照明器具と一般照明器具の比較

3.1 ランプ交換に要する期間

既存照明灯と昇降式照明灯を比較した場合、ランプ交換の期間は表 - 1のとおりとなる。

既存照明灯の場合は作業車の手配で少なくとも3日間程度を要しているが、昇降式照明灯の場合は翌日にはランプ交換が可能となる。

多くの場合は夜間パトロールや一般利用者からの連絡ののち、不点調査を経て作業車の手

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
従来型	○	□	△	◇	☆
昇降式	○	□			

不点確認 (□不点調査 △手配 ◇手続 ☆作業)

表 - 1 (不点確認から再点灯までに要する期間)

配を行っておるのが現状であり、昇降式照明の場合には不点調査段階で交換可能となることから迅速な復旧が可能であるといえる。

3.2 作業時間(交通規制時間)

ランプ交換だけの作業時間は、一般照明施設の場合、規制をはじめから1時間程度は掛かってしまうが、昇降式照明灯は3分の1である20分程度で交換を行える。

また、よほど路肩にスペースが無い場合をのぞいて車線規制が必要とならない事から、交通量の多い時間帯でも作業する事が可能であり、交通に与える影響は皆無となる。

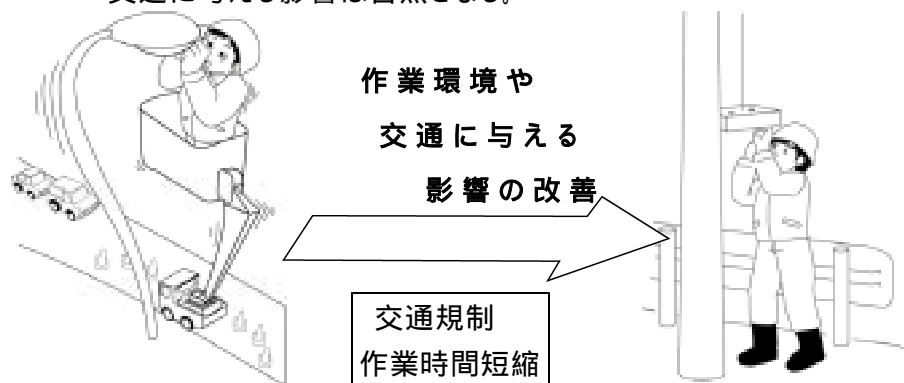


図 2 一般型照明灯ランプ交換

図 3 昇降式照明灯ランプ交換

なお、交通に与える影響を経済損失に換算すると、次の計算式で表されるものと考えられる。

$$\text{渋滞損失額} = (\text{通過時間ロス} \times \text{台数} \times \text{時間価値})$$

例えば、福島西道路の福島市西中央付近を例にあげ、平均的な交通量1時間あたり約600台とし、車線規制により5分の通過時間ロスが生じると想定して計算すると

$$\underline{\underline{5(\text{分}) \times 600(\text{台}) \times 49.83(\text{円/分}) = 149,490\text{円}}}$$

$$\text{西道路(福島市西中央付近)} \quad 29,308(\text{台/日})$$

$$29,308(\text{台/日}) \div 24(\text{時間}) \div 2(\text{上下}) \quad 600(\text{台})$$

$$\text{時間価値} \quad 2,300(\text{円/時間}) \quad \text{平均賃金単価}$$

$$2,300(\text{円}) \div 60(\text{分}) \times 1.3(\text{人}) \quad 49.83(\text{円/分})$$

昇降式照明灯を新設した場合に必要な差額は灯具費用差額の約20万円～25万円程度であり、ランプ交換等で発生する便益(高所作業車・出勤費・交通規制費用等;1回あたり7万円程度)も含めて考えた場合、ランプ交換1回～3回(交通量による)で十分に経済的效果を発揮するものと考えられる。



図 4 昇降式照明灯装置

3.3安全性

前項でも少しふれているが、作業スペースは路肩の一部を使い、高所作業車等を利用しない為、墜落事故や規制による交通事故等の施工上における危険性は非常に低いものとなる。

作業環境の改善は、比較的交通量の多い国土交通省管轄の国道では、それだけでも十分な整備効果が見込まれる。

4.ま と め

今回報告した昇降式照明灯具については、十分な整備効果を発揮させることが可能であることが見込まれる。だが、昇降式照明灯対応する道路照明灯は「信号供架柱でないこと」「直線ポールに限定」など、整備する場合の制約が有ることも事実である。

ほかに、現段階では試作品(1種類)であることから景観に配慮した場合のデザイン照明にも対応することが難しい状態である。

しかし、デザイン面については、内部ユニットを標準化し、外側の化粧カバーデザインを柔軟に変更できる事で、地域特性に合った照明灯配置が可能であると思われ、整備する際の制約も少しずつ解消する事は困難では無いと考えられる。また、自動点滅器を設置するにあたり、内部ユニットに一体化したものを現在開発中である。

今後は、昇降式照明灯を管内の設置効果の発揮できる場所(交通量が多い場所)に普及させていくことでより効果的に日常の管理費削減と、作業安全性の確保、ならびにサービスレベルの改善に努めていくものとする。

5.最 後 に

社団法人照明学会東北支部 平成15年照明普及賞 東北支部長賞受賞
福島民報社「福島民報」 平成16年6月29日に掲載
照明学会誌 8月号 照明年報に掲載