

2.3.3 コストの前提条件の精査

沖縄における鉄軌道整備にあたっての課題を詳細に調査する観点から、概算事業費に影響を与える沖縄特有の気候条件を考慮したコスト及び建設工事費デフレーターの前提条件について精査した。

(1) 沖縄特有の気候条件を考慮したコストの整理

1) 検討目的

過年度調査まで用いていた各構造形式のコストは、既存事例を参考に算出しているが、平成27年度調査では、詳細調査であることを踏まえて、既存事例を参考に算出したコストに含まれてない沖縄特有の気候条件を考慮したコストを計上した。

沖縄は四方を海に囲まれており、一年を通じて湿度が高く、夏は強風が吹く台風が接近しやすいなどの特徴的な気候である。コンクリート構造は鉄筋を内包しており、特に沿岸の高架構造では鉄筋の腐食による塩害が全国的な問題になっている。また、強風により、列車の遅延や運休が発生するため、安全かつ安定な運行には強風対策が必要と考えられる。したがって、平成27年度調査では、高架構造に用いられるコンクリート構造の塩害対策及び強風対策のコストを整理した。

2) コンクリート構造の塩害対策費

①. エポキシ樹脂鉄筋の効果

エポキシ樹脂は鉄筋を被覆することで、コンクリート材料に含まれる塩分や構造物建設後に外部から侵入してくる塩分から鉄筋を守り、鉄筋コンクリートの早期劣化を防ぐ効果がある。

被覆していない鉄筋は、塩分により腐食生成物（サビ）が発錆し、鉄筋体積が腐食前と比較して数倍になるためコンクリート内部から膨張させる圧力を与える。結果として、コンクリート表面に鉄筋に沿ったひび割れを発生させ、構造物の劣化を早めることとなる。

また、近年の研究や施工事例により初期建設費を含めたライフサイクルコストに対しても低廉であることが確認されている。

よって、高架構造の塩害対策として、エポキシ樹脂鉄筋のコストを考慮した。



写真 伊良部大橋での塩害対策事例（左側：上部工 右側：下部工）

出典：沖縄県でのコンクリート橋の塩害劣化とその対策に関する研究 琉球大学名誉教授 大城武

<http://www.jsce-oki.tec.u-ryukyu.ac.jp/doc/H240910_prog4.pdf>

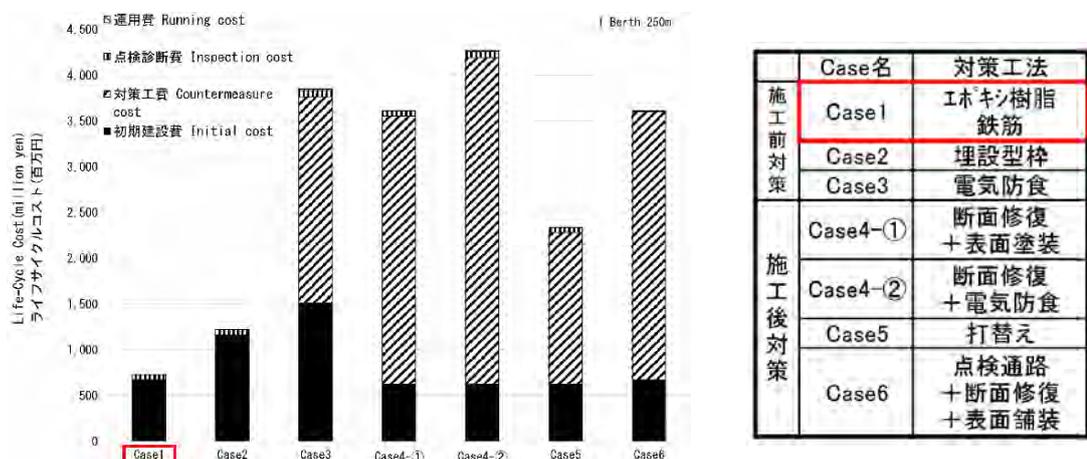


図 上部工における各ケースにおけるライフサイクルコスト試算例

出典：港湾空港技術研究資料 (独)港湾空港技術研究所 栈橋上部工の維持管理シナリオに関する検討

2014年12月 <<http://www.pari.go.jp/search-pdf/No.1296.pdf>>

②. エポキシ樹脂鉄筋の材料単価比較

「建設物価（平成 27 年 12 月 （一社）建設物価調査会）」より、普通鉄筋とエポキシ樹脂鉄筋の材料単価を比較した。

表 鉄筋単価一覧表

鉄筋径	普通鉄筋のみ			エポキシ樹脂鉄筋		
	普通鉄筋単価		沖縄県/全国10都市平均 = 増加率	加工費(加算)	沖縄県加算単価	沖縄県加算単価/ 全国10都市平均 = 割増率
	全国10都市平均	沖縄県				
D13	57,350	65,000	113%	77,000	142,000	248%
D16	55,350	63,000	114%	72,000	135,000	244%
D19	55,350	63,000	114%	67,000	130,000	235%
D22	55,350	63,000	114%	67,000	130,000	235%
D25	55,350	63,000	114%	67,000	130,000	235%
D29	56,550	65,000	115%	63,000	128,000	226%
D32	56,550	65,000	115%	63,000	128,000	226%
D35	59,150	68,000	115%	63,000	131,000	221%
D38	60,050	68,000	113%	58,000	126,000	210%
D41	61,150	69,000	113%	58,000	127,000	208%
	平均増加率 =			平均割増率 =		
	114%			229%		

※加工工場(県中頭郡中城村)からの運搬費を含む

エポキシ樹脂鉄筋は普通鉄筋に対して、約 2.3 倍の材料単価となった。

③. 高架構造の概算工事費内訳の整理

コンクリートを用いている高架構造の概算工事費の内訳を整理し、エポキシ樹脂鉄筋を用いた塩害対策によるコスト増加率を検討した。

標準的な高架構造の工事価格及び内訳は、「土木構造物の耐震性能設計における新しいレベル1の考え方(案) 土木学会地震工学委員会 平成 15 年 11 月」に記載されている資料を参考に整理した。



図 工事費の構成（参考資料より）

※直接工事費：材料費、労務費、直接経費（特許使用料、水道光熱電力料、機械経費）の3要素を示す。

※材料費：工事を施工するのに必要な材料の費用とし、算定は数量と価格によるものとする。

※労務費：工事を施工するのに必要な労務の費用とし、算定は所要人員と労働賃金によるものとする。

※機械経費：工事を施工するのに必要な機械の使用に要する費用とし、請負工事機械経費積算要領によるものとする。

※共通仮設費：運搬費、準備費、事業損失防止施設費、安全費、役務費、技術管理費、営繕費を示す。

※現場管理費：工事を管理するために必要な共通仮設費以外の経費である。

※一般管理費：工事施工にあたる企業の継続運営に必要な経費である。

材料費のうち鉄筋が占める割合は、参考資料の内訳表を整理して求めた。

表 標準的な高架構造の工事価格内訳表

工事費	規格	単位	数量	単価	金額	
1	直接工事費 (A)	式	1.00		¥81,275,469	
	橋梁下部	式	1.00	81,275,469	¥81,275,469	
a	RC橋脚工	式	1.00	28,391,484	¥28,391,484	
	作業土工	橋脚6基分	式	1.00	2,158,520	¥2,158,520
	場所打杭工	(8+8+7+7)	本	30.00	852,873	¥25,586,190
	杭土処理		式	1.00	646,774	¥646,774
b	橋脚躯体工		式	1.00	43,421,667	¥43,421,667
	基礎砕石工	厚0.2m, C-30	m2	180.00	1,301	¥234,180
	均しコンクリート	18-8-40(高炉),10cm	m2	180.00	1,853	¥333,540
	コンクリート	24-8-40(高炉)	m3	712.00	15,963	¥11,365,656
		30-8-25(高炉)	m3	455.00	16,881	¥7,680,855
	鉄筋SD345	D16~25	t	31.37	111,427	¥3,495,465
		D29~32	t	23.72	146,796	¥3,482,001
	埋設型枠	SEEDフォーム	m2	480.00	33,963	¥16,302,240
	足場		式	1.00	527,730	¥527,730
c	土留め締切り工		式	1.00	9,462,318	¥9,462,318
	仮設鋼矢板	III型, IV型	式	1.00	4,457,908	¥4,457,908
	仮設鋼矢板賃料		式	1.00	3,370,727	¥3,370,727
	切梁・腹起し		式	1.00	32,763	¥32,763
	切梁・腹起し賃料		式	1.00	1,600,920	¥1,600,920
2	共通仮設費 (B)	直接工事費の20%	式	1.00		¥16,255,094
a	運搬費	50km	式	1.00		
b	安全費	ガードマンなど	式	1.00		
c	共通仮設費, イメージ		式	1.00		
3	純工事費 (A+B)		式	1.00		¥97,530,563
4	現場管理費 C=(A+B) * α	α=30%	式	1.00		¥29,259,169
5	工事原価 (A+B+C)		式	1.00		¥126,789,732
6	一般管理費 D=(A+B+C) * β	β=10%	式	1.00		¥12,678,973
7	工事価格 A+B+C+D		式	1.00		¥139,468,705

出典：土木構造物の耐震性能設計における新しいレベル1の考え方（案）

土木学会地震工学委員会 平成15年11月<<http://committees.jsce.or.jp/eec201/node/12>>

上記の工事価格内訳のうち鉄筋が占める割合を整理すると5%であった。

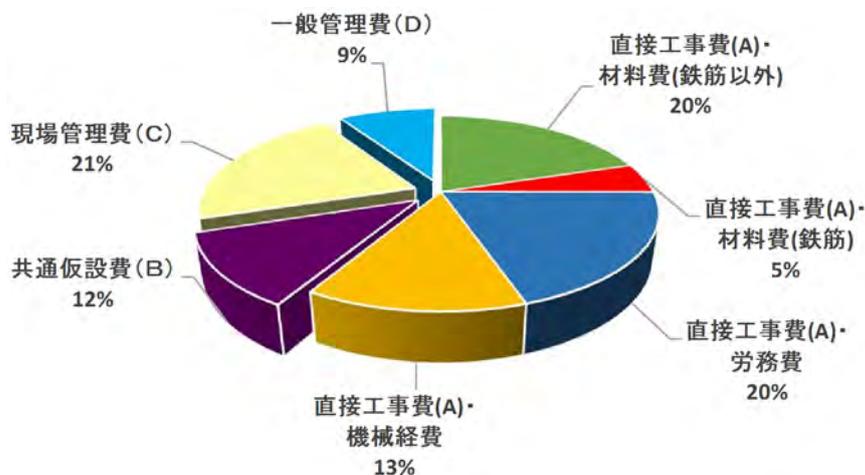


図 標準的な高架構造の工事費内訳整理

④. 高架構造の概算工事費の増加率整理

高架構造の工事価格のうち、鉄筋の材料費が占める割合は5%であった。エポキシ樹脂鉄筋を用いることにより、鉄筋の材料費が2.3倍となることから、鉄筋の材料費が占める割合は12%（5%×2.3倍）となった。

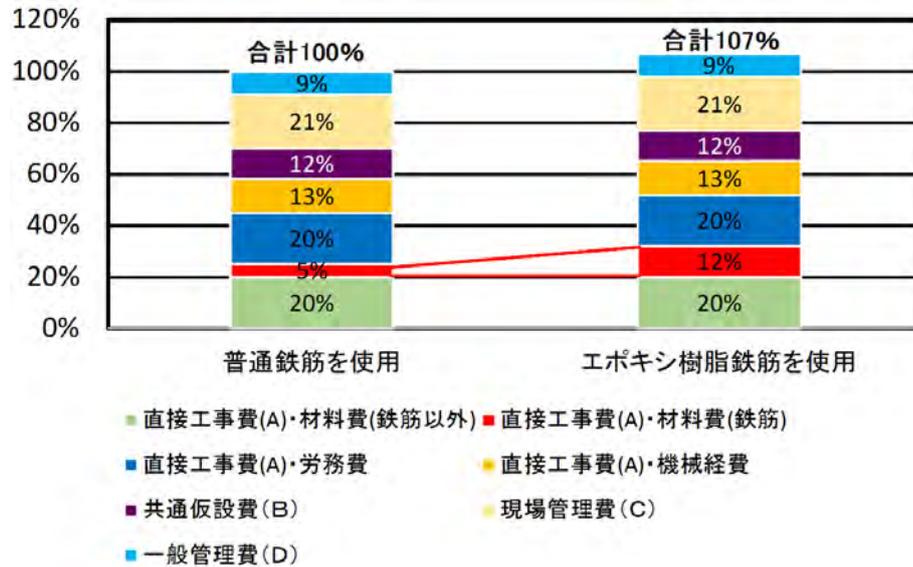


図 増加率の整理グラフ

工事費全体として100%（うち材料費(鉄筋)：5%）→107%（うち材料費(鉄筋)：12%）になることから、高架構造の工事費に対して7%の増加を考慮した。

3) 強風対策

①. 沖縄県の強風発生件数

気象庁ホームページより沖縄県は、過去14年間に発生した竜巻等の突風の件数が北海道に次いで2番目に多い。既存の鉄道事業者では強風時における列車運行の安全性を確保するため、風速に規制値を設けて運転見合わせや徐行運転を行っている。沖縄県においても列車が安全及び安定した運行するために、強風対策が必要である。

表 都道府県別の竜巻等の突風発生件数

(1991～2014年)

都道府県名	件数	都道府県名	件数	都道府県名	件数
北海道	43	茨城県	10	静岡県	10
		栃木県	9	愛知県	16
青森県	4	群馬県	4	岐阜県	5
秋田県	20	埼玉県	15	三重県	10
岩手県	2	東京都	8	新潟県	16
宮城県	4	千葉県	12	富山県	3
山形県	9	神奈川県	5	石川県	9
福島県	1	長野県	2	福井県	8
		山梨県	2		
滋賀県	1	岡山県	3	山口県	6
京都府	2	広島県	0	福岡県	6
大阪府	0	鳥根県	3	大分県	1
兵庫県	1	鳥取県	3	長崎県	5
奈良県	1	香川県	3	佐賀県	5
和歌山県	12	徳島県	3	熊本県	3
		愛媛県	1	宮崎県	23
		高知県	31	鹿児島県	22
				沖縄県	42

出典：気象庁ホームページ 竜巻等の突風データベース都道府県別の発生確認数

<<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/stats/huk.html>>

表 地方ごとの台風接近数の平年値

		年間
沖縄地方		7.4
九州南部・奄美地方	奄美地方	3.8
	九州南部	3.3
九州北部地方(注1)		3.2
四国地方		3.1
中国地方(注1)		2.6
近畿地方		3.2
東海地方		3.3
北陸地方		2.5
関東甲信地方	関東地方(注2)、甲信地方	3.1
	伊豆諸島、小笠原諸島	5.4
東北地方		2.6
北海道地方		1.8

(注)地方の区分については、気象庁が天気予報等で用いる予報用語の「地域名」を参照のこと。

(注1)「九州北部地方」は山口県を含み、「中国地方」は山口県を含まない。

(注2)「関東地方」は伊豆諸島および小笠原諸島を含まない。

出典：気象庁ホームページ 台風の平年値

<<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/average/average.html>>

②. 既存鉄道事業者の強風対策

定時性や安定輸送を確保するためＪＲ東日本（京葉線、武蔵野線、総武線）やＪＲ西日本（湖西線）では、高架構造に防風柵を設置して、強風による輸送障害の発生頻度を減少させる対策を行っている。

具体的には、車両に作用する風の力を低減するため、穴のあいた鋼板やFRP板（強化プラスチック材）の防風柵を高架構造に設置している。

表 防風柵設置前後の強風時運転規制

	防風柵設置前（現状）	防風柵設置後
運転見合わせ	風速 25m/秒	風速 30m/秒
徐行（列車速度 25km/時）	風速 20m/秒	風速 25m/秒

出典：ＪＲ東日本ホームページ 防風柵設置による輸送障害対策について 広報

<<https://www.jreast.co.jp/press/2014/20141111.pdf>>



京葉線
新木場～葛西臨海公園

武蔵野線
北朝霞～西浦和

総武本線
平井～新小岩

写真 防風柵設置事例（ＪＲ東日本）

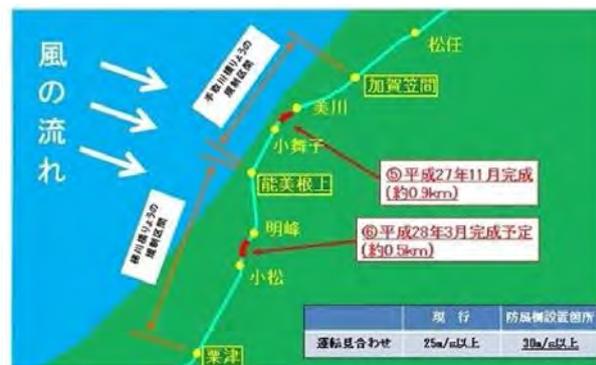
出典：ＪＲ東日本ホームページ 防風柵設置による輸送障害対策について 広報

湖西線の整備状況



完成写真
(湖西線：志賀～比良駅間)

北陸線の整備状況



完成写真
(北陸線：能美根上～加賀空駅間)

図及び写真 防風柵設置事例（ＪＲ西日本）

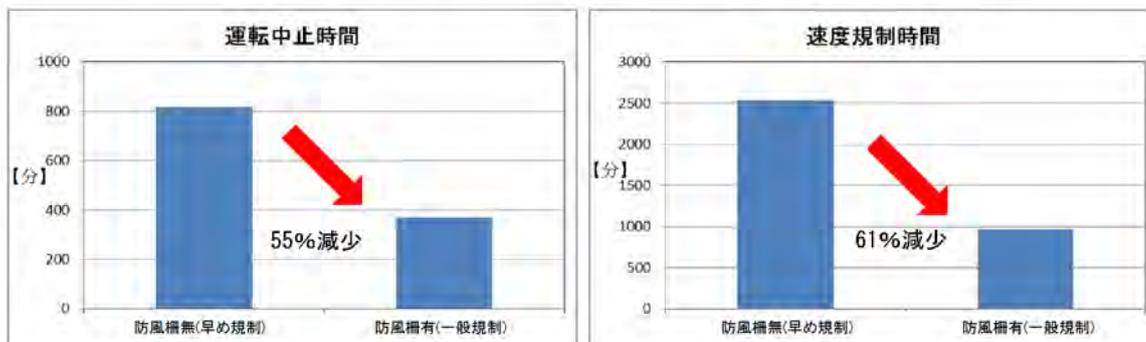
出典：ＪＲ西日本ホームページ 湖西線・北陸線で防風柵が完成！さらなる追加整備を実施します！ 広報

<https://www.westjr.co.jp/press/article/2015/12/page_8060.html>

③. 既存鉄道事業者の強風対策効果

ここでは、防風柵の設置により運転中止時間や速度規制時間の減少効果の例として、海からの強風の影響を受けやすい臨海地域を走行する京葉線の場合を示す。

京葉線では、これまで7箇所にて防風柵を設置した結果、防風柵がなかった場合の仮定と比較して、運転中止時間が55%減少、速度規制(25km/h)時間が61%減少しました。



(風速データ集計期間：2013年4月1日～2014年3月31日)

出典：JR東日本ホームページ 防風柵設置による輸送障害対策について 広報

④. 強風対策費の整理

前述の既存鉄道事業者が設置している防風柵は、既存の高架構造に対して改良工事により設置しているが、本調査の鉄軌道は、新設時から強風対策として防風柵を設置する前提でコストを考慮した。



既存柵



防風柵

図 柵の設置イメージ

表 柵の単価比較

(片側1箇所あたり)

	既存柵	防風柵
工事費単価	10万円/m	25万円/m

既存柵と防風柵の価格差が高架構造片側1箇所あたり15万円/mであり、高架構造の左右両側に設置するので、防風対策の追加工事費として30万円/mを考慮した。

4) 検討結果

通年で湿度が高く、台風などの強風の発生頻度が高い沖縄特有の気候を考慮し、高架構造に用いられるコンクリート構造の塩害対策として、エポキシ樹脂鉄筋を用いるコスト、及び高架構造の強風対策として防風柵を設置するコストを考慮したため、高架構造の工事費単価は約12%増加した。

なお、沖縄特有の条件を考慮したコストは、初期投資である概算事業費は増加するが、塩害対策は高架構造のライフサイクルコストに有効であり、防風柵の設置は、安全かつ安定的な輸送を確保するためのコストであることから、開業後も含めた長期的な視点に立つと見込む必要があるコストといえる。

(2) 建設工事費デフレーターの整理

平成27年度調査で考慮した建設工事費デフレーターは、近年の経済状況を踏まえると概算事業費に考慮しておく必要がある項目といえる。このため、平成26年度調査では、平成23年度調査の建設工事費に対して3%増加のデフレーターを考慮した概算事業費も算出していたが、平成27年度調査では、最新デフレーターを調査整理し、4%増加を考慮した。

表 建設工事費デフレーターの状況

国土交通省公表データの更新日		平成28年1月7日付
調査名		平成27年度調査
工事種別		鉄道軌道
平成23年度調査	①	107.2
平成27年7-9月	②	111.0
建設工事費デフレーター	②/①	104%
概算事業費に考慮する上昇率		4%

注) 平成17年度を基準100として公表されている。

出典：国土交通省 総合政策ホームページ 建設工事費デフレーター公表値を加工

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei_jouhouka_tk4_000112.html>

2.4 平成 27 年度調査のまとめ

平成 27 年度調査では、主に 4 つの検討を行った。「旭橋～糸満市役所を対象としたモデルルート
の精査」では、5 つのルートについて導入区間の検討を行い、概算事業費を比較したが、コスト縮
減の観点からは、平成 26 年度調査まで用いていた豊見城、名嘉地付近を経由するルートが最も低廉
となった。また、「最新技術である地下駅を対象としたシールド切り開き工法の採用」、「新都心
～普天間飛行場（国道 330 号）を対象として地下区間から地上区間への構造変更」により、概算事
業費は一定の縮減効果が見られた。あわせて、平成 27 年度調査は、詳細調査であることから「コス
トの前提条件の精査」として、沖縄特有の気候条件を考慮したコストや建設工事費デフレーターを
考慮した詳細な検討を行った。

検討の結果、例えば、鉄道ケース 2（うるま・国道 330 号＋空港接続線）について、平成 26 年度
調査で成果のあったコスト縮減方策*¹に加えて、平成 27 年度調査で新たに検討したコスト縮減方策
等*²を考慮した概算事業費は、平成 26 年度調査と比較して 300 億円（4%）のコスト縮減となっ
た。

今後は、支線を含めたモデルルートを精査するとともに、更なるコスト縮減を可能とする最新技
術の採用等について検討する。また、概算事業費の精度向上のため、沖縄特有の地形や地質条件を
考慮した検討を行い、駅施設等の安全対策等についても研究する。さらに、道路への鉄軌道導入に
は、車線数減少に伴う交通容量の減少により、道路混雑が増加する懸念があることから、工事期間
中も含めた道路交通への影響について把握する。

* 1：最新技術の採用（SENS 工法）、部分単線化（鉄道を対象）、単線区間の拡大（トラムトレインを対
象）、小型システム（鉄道を対象）、地下区間から地上区間への構造変更等

* 2：最新技術の採用（シールド切り開き工法）、地下区間から地上区間への構造変更（浦添市役所～普天間飛行
場）、沖縄特有の気候条件を考慮したコスト、建設工事費デフレーター（4%）、消費税率（8%）