

琉球石灰岩を用いた石張り舗装の設計について

金城 博之、外間勝貴

株式会社 沖縄建設技研（〒901-2126 沖縄県浦添市宮城三丁目7番5-103号）

キーワード：歩車共存道路、商店街、縦横断計画、石張り舗装、琉球石灰岩

1. はじめに

歩車共存道路として利用される道路においては、歩行者や自転車利用者が安全・快適に通行できることが重要となる。自動車はその道路に応じた適切な速度で通行できればよく、そこに賑わいが生まれ、商店街等が形成されることにより、地域の活性化につながる。

当該設計は、伝統的行事や商店街の活性化に関する地域からの要望を受け、既設のアスファルト舗装の道路を撤去し、琉球石灰岩を用いた石張り舗装へ改良することを目的とした。沖縄県内において、琉球石灰岩を用いた石張り舗装の事例は少なく、設計指針などが明確ではない。このような課題に対して検討した事例を紹介する。

2. 設計概要

既設道路の改良区間は、海岸と隣接する区間と商店街が近接する区間に区分される。前者については、既存道路の海側に高さ約1.5mの波返しを有する海岸護岸が存在する。本護岸は、海岸前面に埋立地が建設される以前に台風時の高波による被害を防止するために整備された。埋立地が建設された現在では静穏性が確保され、関係機関の海岸事業により親水性に配慮した護岸整備が進行中である。後者が石張り舗装への改良を必要とする区間である。琉球王朝時代の「東御廻り(アガリウマーイ)」という拝所めぐりの経路の一部が含まれ、観光スポットとしての発展が期待されており、地域からは昔ながらの石畳みがイメージできる道路整備が望まれていた。写真-1に本設計における区間割の概要を示す。



写真-1 本設計における区間割の概要

当該道路の利用状況を考慮のうえ、表-1に示す道路構造令の設計条件を参考に、図-1に示すような幅員構成による道路設計を行った。

表-1 設計条件

道路規格	第4種第4級
計画交通量	500(台/日未満)
設計速度	V=20(km/h)
車線数	1車線

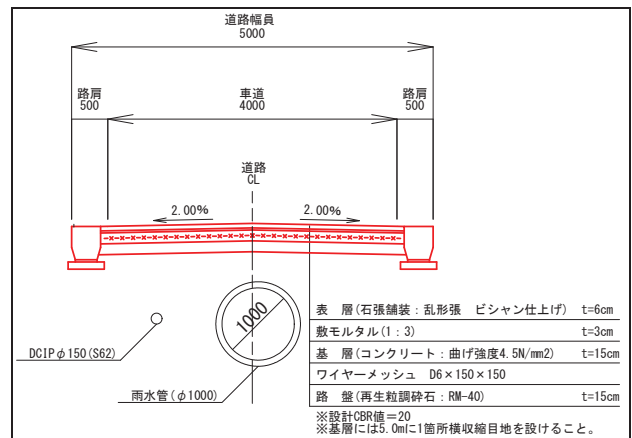


図-1 当該道路の標準断面図

3. 現地状況および地域からの要望

現地は、商店街であり、アスファルト舗装の既設道路を隔てて、両側に商店や家屋が隣接している。また、歩道が整備されておらず、通勤・通学や買い物客等の歩行者は車道を利用している。その状況を写真-2に示す。



写真-2 設計区間の状況

地域からの要望として、陳腐化した商店街が活性化するためにも「東御廻り」による観光誘致を目指しており、図-2 に示すように拝所①から拝所②を開始した利用者が拝所②へ向かう間に、海岸部への散策や国道までの商店街巡り等で寄り道を兼ねる範囲を昔ながらの石畳みのイメージが強調される特色ある道路として整備することが求められていた。

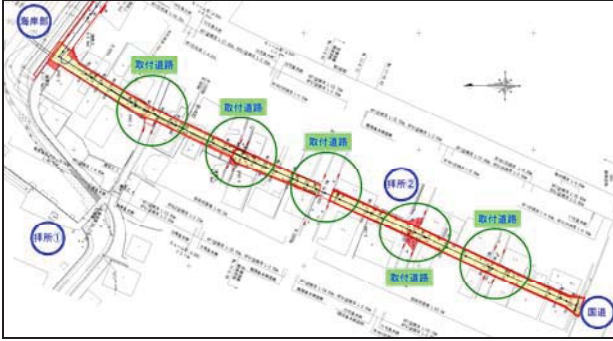


図-2 拝所、海岸部および国道の位置関係を示す平面図

4. 道路設計上の課題

4.1 排水計画および縦横断計画における課題

当該道路では、全線に渡り商店、家屋および取付道路等が接している。近年のゲリラ豪雨等による建物内の浸水対策や近接する建物出入口と道路計画の段差が生じないように配慮することが重要であり、課題となった。

4.2 地域からの要望における課題

商店街では「東御廻り」を考慮し、図-2 に示した海岸部、拝所①、拝所②および国道までの区間は、歴史的文化をイメージさせられる舗装計画を行うことにより、初めて訪れた歩行者でも簡単に拝所間を誘導することが可能となるため、印象に残るような配慮が必要である。その配慮を行うことにより、利用者がまた訪れたいと思わせるようなアピールに繋がるものと考えられる。課題としては、地域が求めている石畳みのイメージにどれだけ近づけることが可能かといった景観性への配慮であった。

琉球王朝時代の石畳みについて調査した結果、歩くことを目的に整備された道路であるため、写真-3 に示すように琉球石灰岩の平石を敷き詰めただけの構造となっていた。当該道路は、車両の通行も視野に入れることが必要となるため、琉球王朝時代の舗装構成を準用すると石張り舗装のガタツキや石材の割れ等が懸念された。



写真-3 琉球王朝時代の石畳み

5. 課題を解決するための対策

5.1 平面計画および縦横断計画における対策

図-2 に示すように当該道路と接続する取付道路は、約50~80mの間隔であり、路面排水および広範囲の集水面積を有する排水構造物は取付道路に集約される排水系統を形成していた。その集約された排水は、道路のセンター付近に埋設されたヒューム管(φ1000)に流れ込み、海岸部へと導かれる。近年のゲリラ豪雨等を考慮すると、路面排水は出来る限り迅速な処理が行えるように配慮する必要があることから、取付道路をコントロールポイントとすることで、既設道路の縦断勾配とほぼ同等の計画高とすることが可能となった。

また、既設の排水系統を変化させずに、取付道路にて雨水処理を行うことに努めるとともに本線の道路改良工事に伴う取付道路への影響範囲を最小限にとどめることでコスト縮減にも配慮できた。図-3 に当該設計区間における縦断計画の一部を示す。

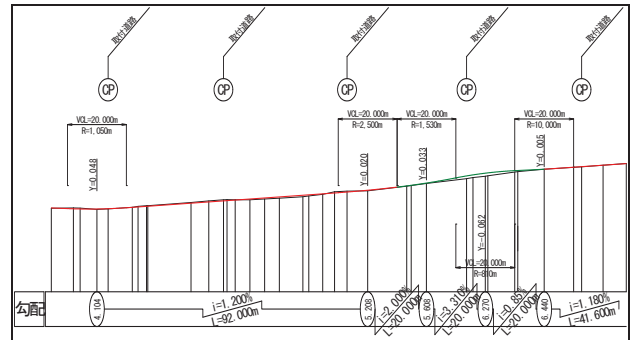


図-3 商店街が近接する区間の縦断計画

ここで、商店街が隣接する区間では、取付道路をコントロールポイントとして最重要視した結果、隣接する商店との段差が20cm程度となる箇所が発生し、縦横断計画の新たな課題となった。

その対策として、当該設計区間は歩車共存道路であり、歩行者の安全性に配慮し、縦断曲線を短い区間に連続させることで、横断計画における道路端部の計画高と商店の入口の段差を極力減らすように努めた。

なお、取付道路への影響が懸念されるところではあるが、検討の結果より4.0mの範囲において舗装および側溝の摺付けが生じる程度であった。図-4 に平面計画、図-5 に横断計画を示す。

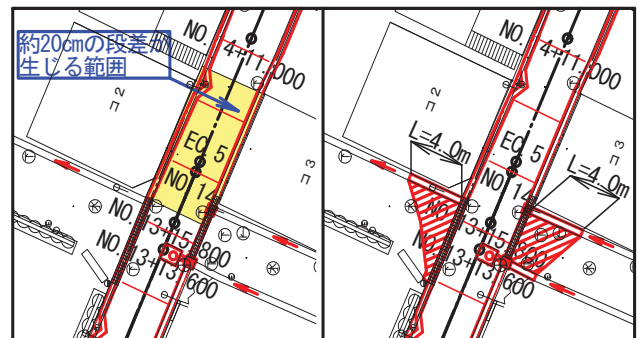


図-4 対策した箇所の平面計画

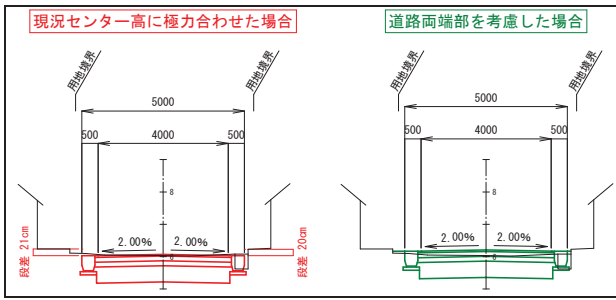


図-5 対策した箇所の横断計画

5.2 地域の要望における対策

商店街は、特色ある道路として整備することで地域住民以外にも沖縄県内の観光スポットおよび石畳み風の舗装が施された区間として、注目を集めることが予想される。特に歩行者の歩き易さや目で見て楽しめる道路空間の形成が重要であり対策に繋がると考え、舗装計画、排水計画および通信柱・電力柱移設計画に着目して設計を行った。

(1) 舗装計画

舗装は、琉球王朝時代の石畳みを連想させることが目的であるため、琉球石灰岩を用いた石張り舗装の整備を行うことを提案した。ただし、石張り舗装は、舗装設計施工指針、舗装設計便覧および舗装施工便覧等において、舗装構成に関する明確な規定はない。よって、舗装構成の検討は、当該道路の整備後の利用を考慮のうえ行った。

① 表層の厚さ

沖縄県内にて、駐車場等の整備で流通している琉球石灰岩を調査した結果、厚さが $t=3\text{cm}$ および $t=6\text{cm}$ の2種類であった。それぞれの厚さについての使い分け等はないため、石材メーカーの協力を受け、表-1 に示す曲げ強度荷重(kN)の試験結果を入手し、2種類の石材における“試験結果のバラツキ”を検証した。

表-1 琉球石灰岩の曲げ強度荷重試験結果を示した表

試験名 (単位)	外観	横 (mm)	縦 (mm)	厚さ (mm)	スパン (mm)	曲げ強度 荷重(000)	バラツキの判定
規格値		300 ± 3	300 ± 3	30 ± 3	240		
30mm A	良好	300.5	300.5	31.6	240.0	2.6	31.0%
30mm B	良好	301.0	301.0	31.0	240.0	4.1	
30mm C	良好	300.5	301.0	30.0	240.0	5.0	
平均		300.7	300.8	30.8	240.0	3.9	
規格値		300 ± 3	300 ± 3	60 ± 3	240.0		
60mm G	良好	301.0	301.0	59.0	240.0	24.5	16.4%
60mm H	良好	301.0	301.0	59.0	240.0	18.8	
60mm I	良好	301.0	301.0	59.0	240.0	18.5	
平均		301.0	301.0	59.0	240.0	20.6	

表-2 バラツキの判定結果を示した表

バラツキの判定(変動係数の算定)	
平方和(S) : 個々のデータの平均値と各データとの差を二乗したものの和、	
$S = (2.6-3.9)^2 + (4.1-3.9)^2 + (5.0-3.9)^2 = 2.94$ ($t=3\text{cm}$)	
$S = (24.5-20.6)^2 + (18.8-20.6)^2 + (18.5-20.6)^2 = 22.86$ ($t=6\text{cm}$)	
不偏分散(V) : 平方和(S)を(n-1)で割った値。	
$V = 2.94 / (3-1) = 1.47$ ($t=3\text{cm}$)	
$V = 22.86 / (3-1) = 11.43$ ($t=6\text{cm}$)	
標準偏差(s) : 不偏分散の正の平方根。	
$s = \sqrt{1.47} = 1.21$ ($t=3\text{cm}$)	
$s = \sqrt{11.43} = 3.38$ ($t=6\text{cm}$)	
変動係数(v) : 標準偏差を平均値で割った値。	
一般に百分率で表しバラツキの指標として用いられる。	
$v = 1.21 / 3.9 \times 100 = 31.0\%$ ($t=3\text{cm}$)	
$v = 3.38 / 20.6 \times 100 = 16.4\%$ ($t=6\text{cm}$)	

表-2 におけるバラツキの判定結果より、 $t=3\text{cm}$ のほう

がバラツキは大きいことが明確となった。これは、琉球石灰岩の特徴が反映されているもので、空洞を多く含む石材は割れやすいことを意味している。したがって、表層の厚さは、試験結果のバラツキが小さく、車両載荷時における耐力も十分に得られ、さらに沖縄県内で一般に流通している「 $t=6\text{cm}$ 」の琉球石灰岩を採用した。

② 表層の形式

沖縄県内における石張り舗装の形式について現地調査およびメーカーヒアリングを実施した結果、大きく分けて写真-4 に示す三通りであった。

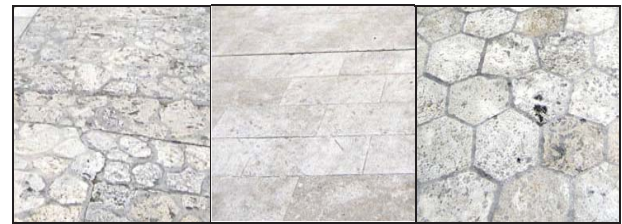


写真-4 石張り舗装の施工例

それぞれの舗装の形式について

それぞれの舗装の形式について、「施工性」、「景観性」、「強度・耐久性」、「走行性・歩行性」および「経済性」を考慮のうえ比較検討を行った結果、「乱形石」での整備を行う方針とした。理由は、「方形石」や「相形石」に比べて、石材がそれぞれ違う形状で見た目に飽きることが無く、石目地自体がデザインとなり、昔ながらの石畳みのイメージに近く、経済性にも優れるためである。また、当該道路沿いの商店街が集まって構成される商工会へ「乱形石」での整備方針を説明したところ、本案の景観が望ましいとの声が多数あり、地域の合意を得ることが出来た。

③ 基層および路盤工

基層は、路盤の不陸を修正し、表層に加わる荷重を路盤に均一に伝達することであり、通常はアスファルト混合物が用いられる。当該設計区間では、万が一、表層(石張り舗装)の割れ等が生じた場合においても基層以下の崩壊を防ぐ役割を担う重要な部分と捉え、セメント・コンクリート版による構造が望ましいと考えた。その版厚は指針における表層と同等のレベルを維持する必要があったため、舗装計画交通量から導かれる最小の厚さとして、「 $t=15\text{cm}$ 」を採用した。また、路盤工は表層および基層からの交通荷重を分散させて安全に路床に伝える役割を担う部分である。当該設計区間の設計 CBR 値は、一部 50cm の路床置換を含むものの「4」以上の値が確認されていることを考慮のうえ、指針にもとづき、上層路盤は再生粒調砕石の厚さを「 $t=15\text{cm}$ 」、下層路盤は無しとした。それぞれの検討結果を踏まえた標準断面図を図-6 に示す。



図-6 舗装構成を示した標準断面図

(2)排水構造物

当該道路の整備において、路肩内には雨水処理を行うための側溝が必要となる。しかし、写真-5 に示すように通常の側溝を用いて整備した場合には、表面のコンクリート部が露出した状態となるため、車道の石張り舗装との整合性および景観性に欠ける。



写真-5 石張り舗装および側溝の施工例

当該設計区間では、石張舗装との調和を目的として、景観性および施工性を考慮のうえ、側溝および集水桝のコンクリート面に写真-6 に示すような石張模様の吹付けを行うものとした。吹付けの工法は、沖縄県で推奨されている県産品を主体とした型紙使用吹付工法を提案した。



写真-6 型紙使用吹付工法の施工例

(3)通信柱・電力柱移設計画

当該設計区間の通信柱・電力柱(以下、柱と称す)は、写真-7 に示すように路肩から車道側へ飛び出す形で設置されている状況であった。これは、柱が側溝建設後に設置されたためであると想定された。



写真-7 通信柱・電力柱の設置状況

車道に飛び出した柱は、歩行者や車両の通行の妨げとなり、事故につながる可能性が高い。また、柱はコンクリート製であるため、歩行者の歩き易さや目で見て楽しめる道路空間の形成を目指す区間において、景観性に乏しい構造物であり、極力、端部へ移設することが望ましい。

これらの弊害を考慮のうえ、今回の整備に合わせて、現状の位置から官民境界側へセットバックするものとした。

セットバックを行うにあたり、柱と側溝端部の最小離隔距離は、占有者との協議を踏まえ写真-8 に示すように「10cm 以上」を確保するものとした。その理由として、施工後に何らかの問題があった場合に、柱を掘返す可能性があるためである。

また、柱付近の側溝については、路肩内に柱を設置することになるため、切回しを行うものとし、その設置角度は沖縄県内のメーカー数社へのヒアリング結果を参考に 45 度以下を厳守するものとした。



写真-8 柱の離隔距離および側溝切り回しの施工例

6. おわりに

沖縄県内には、琉球石灰岩を用いた石畳みが琉球王朝時代からの名残として、今も残る。しかし、石張り舗装の設計となると指針等が無いのは、意外と感じるところであった。このような状況で地域の要望に見合った設計を行うための根拠を見出すことが設計コンサルタントに求められる役割であり、技量が試される場所であると考えている。

当該設計区間は、写真-9 に示すように一部の道路改良工事がすでに終了している。対策の有効性は、改良工事完了後の利用状況や観光の集客効果等についての経過観察が必要であると考えているが、商店街や地域の活性化につながることを期待する。



写真-9 石張り舗装の整備状況

参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，平成 16 年 2 月
- 2) 公益社団法人 日本道路協会：舗装設計施工指針，平成 18 年 2 月
- 3) 公益社団法人 日本道路協会：道路土工要綱，平成 21 年 6 月