



# 山口管内電線共同溝外設計業務

全測連中国地区協議会  
第8回 土木設計関係技術発表会

令和3年10月8日



(株)荒谷建設コンサルタント 本社  
道路部 道路設計課 福光年宏

## □ 業務の概要

### □ 各業務箇所報告(4地区)

- 国道191号・188号越波対策(大井、神東、遠崎、別府、室積地区)
- 国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)
- 国道191号道路陥没箇所対策検討(下関市宇賀地区)
- 国道2号コンクリート舗装計画検討(小郡バイパス)

## □ おわりに



業務内容	設計数量		国道名	地区名	
	箇所数	延長 (m)			
1 越波対策	6	1,840	一般国道188号・一般国道191号	岩国市由宇町・柳井市遠崎・田布施町別府・光市室積・萩市大井	
2 護岸補修設計	2	960	一般国道188号	田布施町別府・光市室積	後述詳細説明
3 電線共同溝予備設計	3	100	一般国道191号・一般国道9号	萩市椿東・山口市仁保津・山口市朝田	
4 宇賀路面陥没対策	1	3,050	一般国道191号	下関市宇賀	後述詳細説明
5 アンカー付場所打ち法砕	1	41	一般国道191号	豊浦町大字宇賀	
6 小郡バイパスコンクリート舗装	1	200	一般国道2号	小郡バイパス	後述詳細説明
7 ブルーシート対策	1	65	一般国道2号	岩国市関戸	
8 落石調査設計	1	2,443	一般国道2号	岩国市関戸	後述詳細説明
9 除雪基地資料作成	2	-	一般国道9号・191号	山口市宮野・阿武町木与	
10 函渠延伸設計	3	-	一般国道188号	岩国市由宇町	
11 低周波解析	1	-	一般国道2号	下松市切山	
12 緊急対策箇所業務整理	-	-	管内全域		

国道188号・191号越波対策(神東、遠崎、別府、室積、大井地区)

一般国道188号【神東、遠崎、別府、室積地区】

利用自然条件設定

(1) 気象海象条件

- 1) 設計潮位 H. H. W. L. (設計高潮位)
- 2) 確率沖波 30年、10年：室積1地区のみ
- 3) 波浪変形計算手法

今回対象となる地区は5地区であり、①神東②遠崎③別府⑤⑥室積である。地形条件から各々で「風域が制限されている区域」と「風域の変化が激しい区域」に分けることにより、適切な沖波波高を算出した。この沖波波高から波浪変形計算を行い、対象地区の波浪諸元を算定し、適切な対策工を選定するとともに構造諸元を設定した



R188号 越波対策風域図



神東地区越波状況

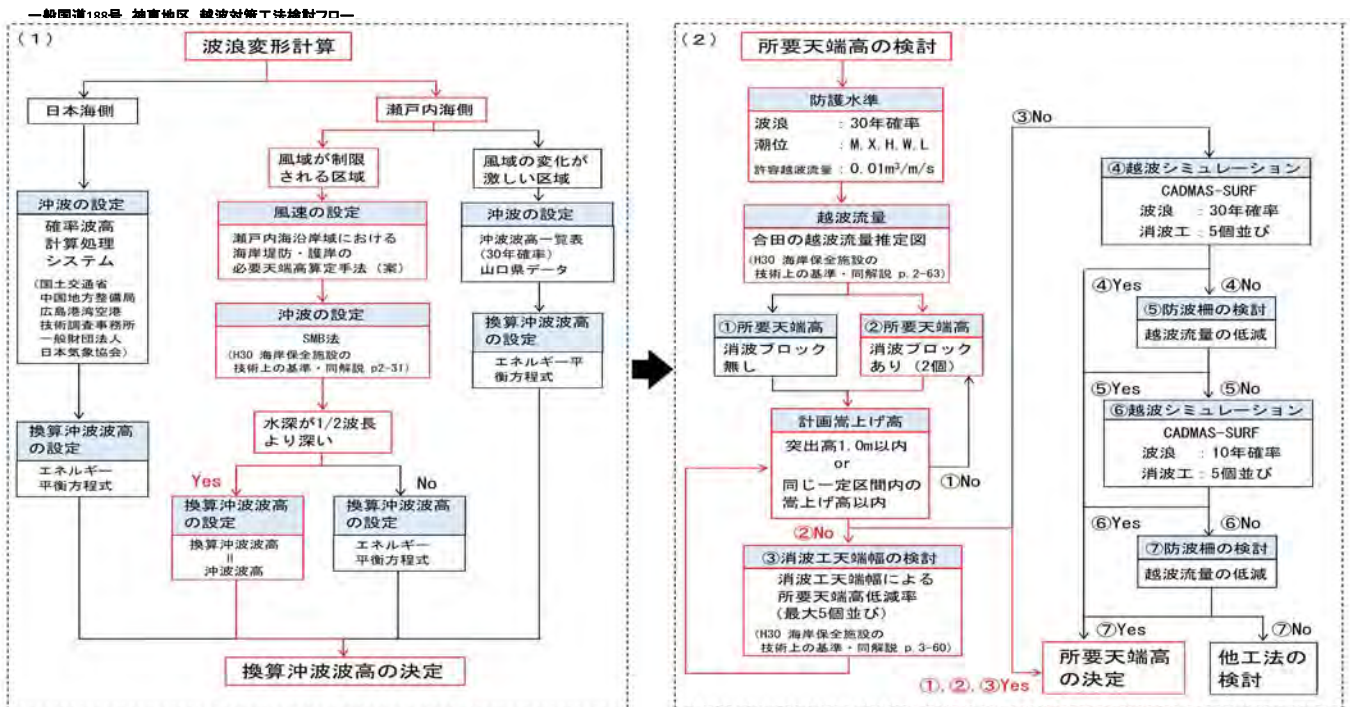


遠崎地区越波状況



別府地区越波状況

一般国道188号【神東、遠崎、別府、室積地区】



一般国道188号【神東、遠崎、別府、室積地区】

現地状況・資料収集整理

既設は直立護岸であり、隣接する護岸は消波ブロックが設置されており、嵩上げもされている。



現地状況写真

沖波の推算

遠崎地区は、風域が制限されていることから、限られた風域で発達する風波として S.M.B. 法により沖波波高を算定する。推算に用いる風速は 30 年確率風速とし、「瀬戸内海沿岸域における海岸堤防・護岸の必要天端高算定手法 (案)」に記載されている値を参考に設定する。波向は、地形を考慮して 16 方位のうち ENB~ESE 方向の 3 方向とする。



波浪推算地点と波向き

有効吸込距離フェッチ図

所要天端高の算定

所要天端高の算定は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説 平成 30 年」の直立護岸の越波流量推定図より算定した。

表2.3 図表による必要天端高算定結果 (消波ブロック2個並び)

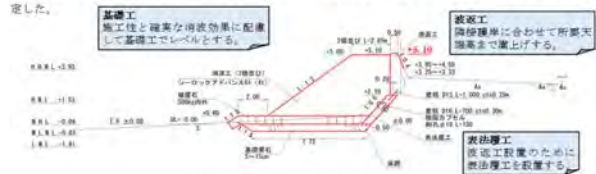
波向	沖波波高 Hs (m)	波長 Ls (m)	許容越波流量 La (m³/s)	換算沖波波高 Hs' (m)	必要天端高 (m)
ENE	1.2	3.1	15.0	1.20	+3.85m
S	1.4	3.4	16.0	1.40	+4.70m
SSW	1.5	3.6	20.2	1.50	+4.95m

※SMB法も最も波高が入りやすいが、護岸の岸上と波向により S 方向の天端高が大きくなる。

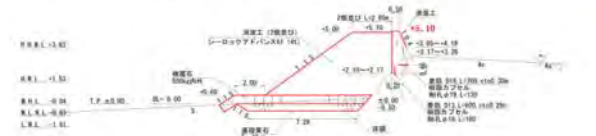
「海岸保全施設の技術上の基準・同解説 p.3-30」によると、気象、海象、地形等の設計条件を同じくする一連区間の天端高は原則として変えないとされている。本対象区間の隣接するパラベット高さは+5.15m である。所要天端高は主方向 S で最大となり、消波工有りの天端高が+5.10m となる。隣接するパラベット高さと同等であることから、本対象区間は主方向 S で消波工有りの所要天端高+5.10m を採用することとする。

比較構造諸元の検討・構造諸元の決定

越波対策工法の選定は、1) 消波ブロックの比較選定、2) 累上工、披覆石の構造諸元の決定を行い決定した。



標準断面図\_遠崎地区\_腹付けコンクリート、嵩上げ、消波工



標準断面図\_遠崎地区\_嵩上げ、消波工

一般国道191号【大井地区】



背景

令和元年9月22日から23日にかけて日本海の山口県沖を北西に通過した台風17号により、護岸背後にある国道へ大量の越波が侵入した。護岸背後の国道は、交通量が多く、走行する車両等に及ぼす直接的な被害や交通規制等により周辺地域に及ぼす影響が大きいため、早期の対策が望まれている。そのため、本業務において走行する車両等に支障が生じないように、越波対策検討を行うものである。



台風17号による越波(打上げ)状況\_令和元年9月23日7時頃

現地状況・資料収集整理

本計画地には高さ3.0mの防波柵が設置されている。また、消波ブロックが設置されている区間となっている。消波ブロックは3種類設置されており、下層から上層にランダムに設置されていると推測される。



萩方面から益田方面

令和2年工事①

中間付近

利用自然条件設定

(1) 気象海象条件

- 1) 設計潮位 H. H. W. L. +1.65 (設計高潮位)
- 2) 確率沖波 30年 or 10年

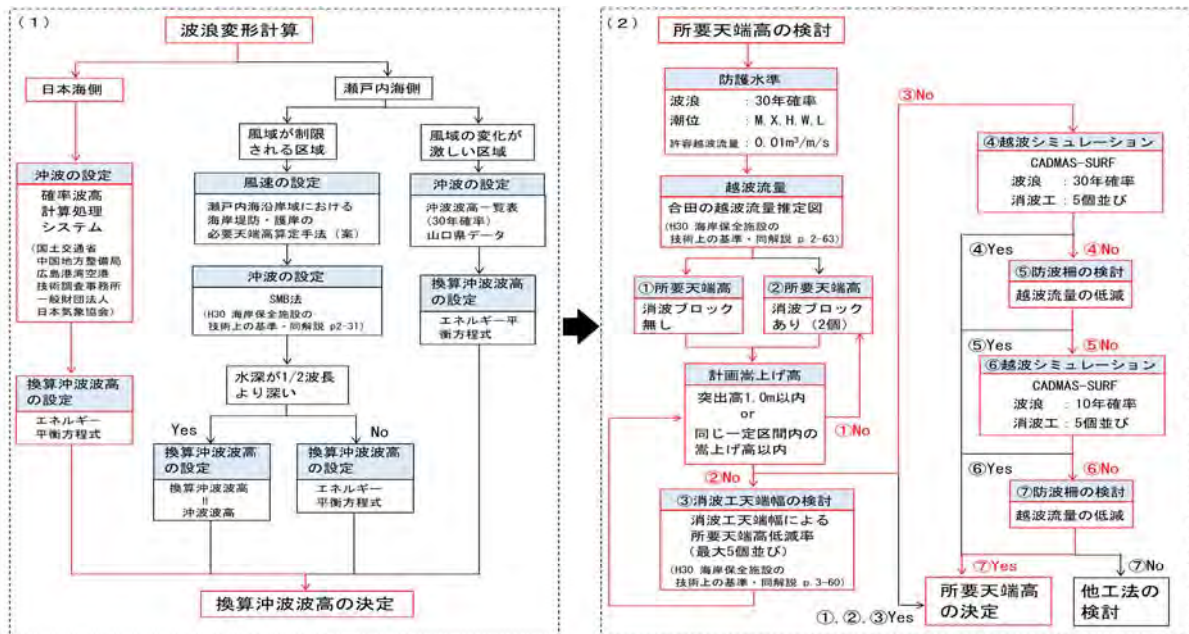
(2) 防護水準

- 1) 許容越波流量 0.01m<sup>3</sup>/m/s
- 2) 確率沖波
  - ① 施設性能 : 30年
  - ② 許容越波流量 : 10年(道路交通規制と併用)

※30年確率沖波に対して施設のみで防護する越波対策(案)も検討

一般国道191号【大井地区】

一般国道191号 大井地区 越波対策工法検討フロー

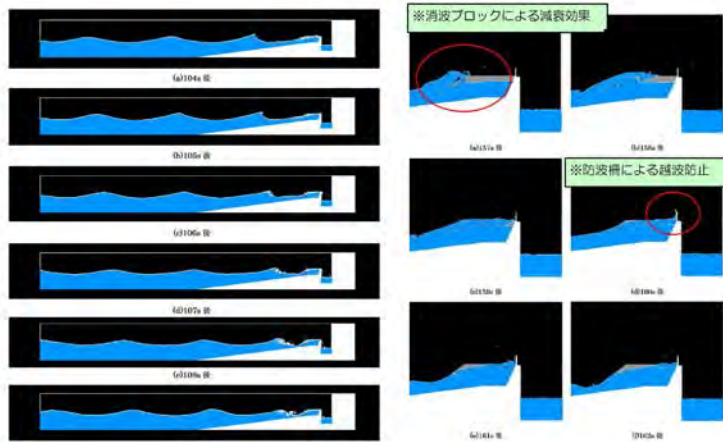


一般国道191号【大井地区】

30年確率波\_再現\_越波シミュレーションのスナップショット

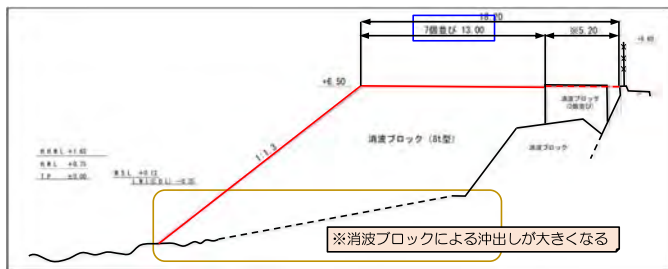


動画と越波シミュレーションの比較



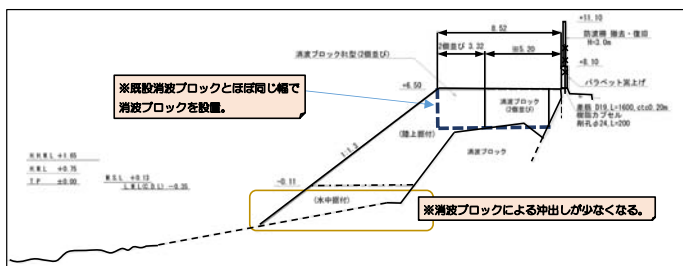
30年確率波\_対策消波ブロック7個\_越波シミュレーションのスナップショット

越波流量 0.009m<sup>3</sup>/s/m < 許容越波流量 0.01m<sup>3</sup>/s/m OK



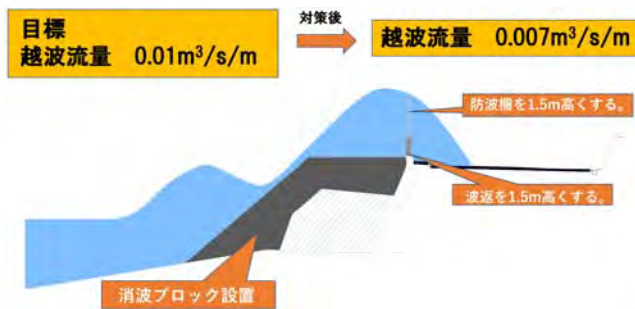
30年確率波\_標準断面図\_消波ブロック7個並び

一般国道191号【大井地区】

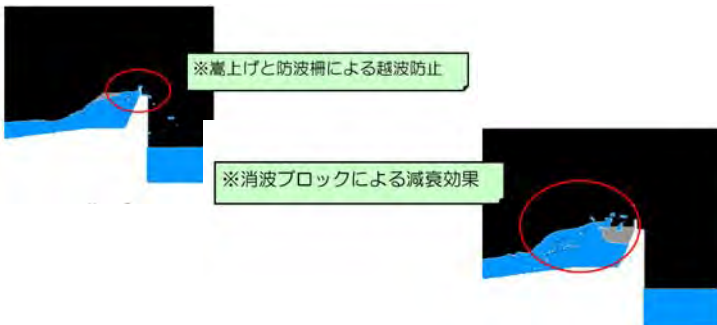
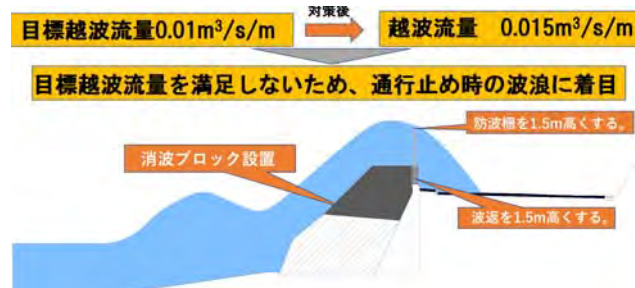


10年確率波\_標準断面図\_消波ブロック4個並び+1.5m嵩上げ+既設防波柵再設置

消波ブロックを追加設置する対策



消波ブロックを追加設置しない対策



まとめ

【概要】 国道188号、191号における越波による車両及び交通規制対応のため、波浪変形計算と越波シミュレーションを行い越波対策の検討を実施。また、越波対策・護岸補修対策の詳細設計、発注済み工事対応、発注資料の作成を迅速に対応。

『越波シミュレーションによる越波状況の把握と対策工法の選定、設計』(技術的解析手法)  
 『発注済み工事対応、発注資料作成について短期間で迅速な対応』(発注対応)

① 発注資料作成(概数発注、発注済み工事対応)

- ・6地区の工事概数発注を行うための資料作成を一月で迅速に対応。
- ・発注済み工事対応のため三者協議を行い、施工性と消波ブロックの選定に配慮した修正設計を実施。
- ・大井地区では、漁協説明会の資料と漁業補償のための計画(案)を作成。早期着手が可能な発注資料作成を迅速に実施。

② 越波のメカニズム推定、対策検討、設計

- ・越波動画の考察によってメカニズムの推定。
- ・風向、地形、海底地形を考慮した海象条件の設定。
- ・越波対策の波高と周期の算定にエネルギー平衡方程式による解析。
- ・越波シミュレーションを行い越波状況の再現と対策工法の選定、設計。
- ・30年確率波浪による越波シミュレーションを行い越波状況の再現を実施。これにより対策工法の選定を実施。
- ・各海域における越波対策の選定フローを作成し、今後の防災対策の方針を立案。

③ UAV写真測量・MMS計測による補修箇所選定の効率化

- ・海岸構造物の延長が長く補修箇所選定に時間を要するので、海側はUAV、道路側はMMSを活用し、補修箇所選定を行った。これにより漏れなく補修箇所を選定し補修工法の選定、設計を実施し作業日数を約1/3に短縮。

標準的な設計手法である個数の消波ブロックを併設では許容越波量を満足することができず、越波シミュレーションの活用により、消波ブロックと護岸高さの関係について試行錯誤を繰り返し、対策工を決定した。

国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)

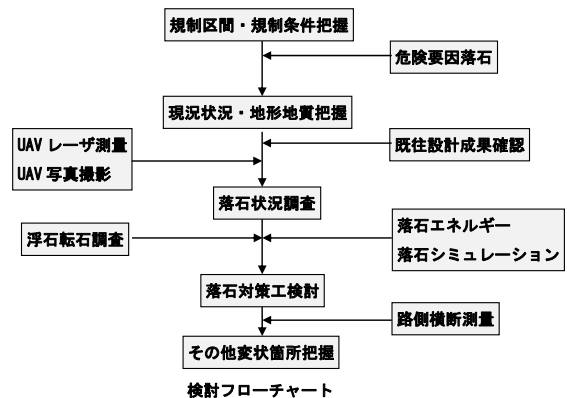


■特殊・事前通行規制箇所

国道番号	路線名	規制内容	担当出張所	規制区間			交通量(H27)台/日	規制条件(通行止め)		危険内容
				区間	距離(km)	延長		気象等基準値	気象等観測所	
①	2	事前	岩国	岩国市岩国～関戸	390.8～382.7	1.9	17,400	連続雨量 250mm 又は時間雨量50mmを 超えかつ連続雨量が 120mmを越えたと判断 した場合	(テレメータ) 岩国市関戸	落石

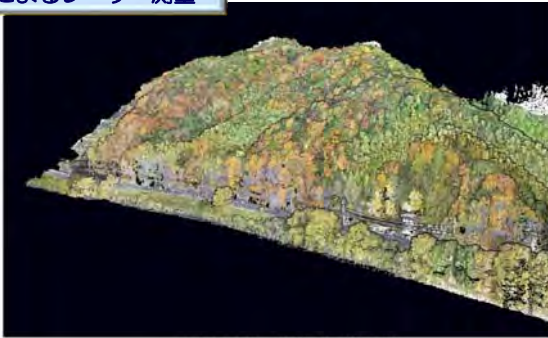
国地方整備局 山口河川国道事務所 道路維持管理計画 平成31年4月より抜粋

本検討は当該区間において落石の危険を排除するため、過去の既往成果も参考にしながら区域全体について落石調査から対策方針までの検討を行ったものである。また併せて対策を要すると思われる法面・斜面の変状の確認を行った。

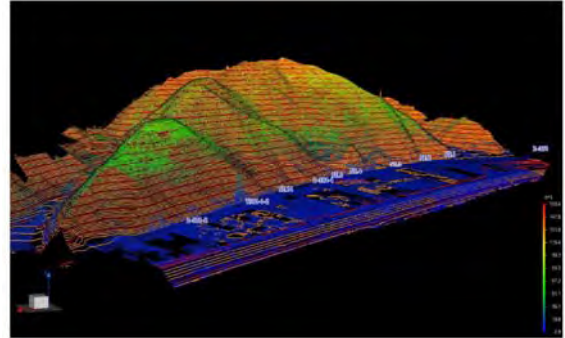


UAVによる空撮写真

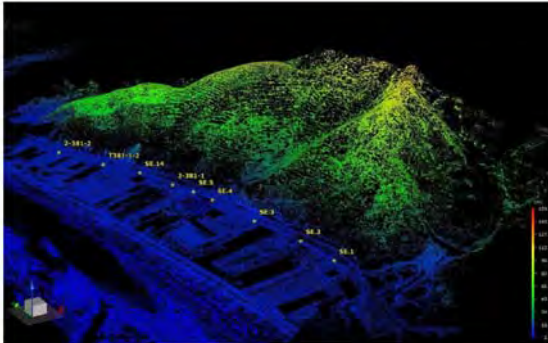
UAVによるレーザー測量



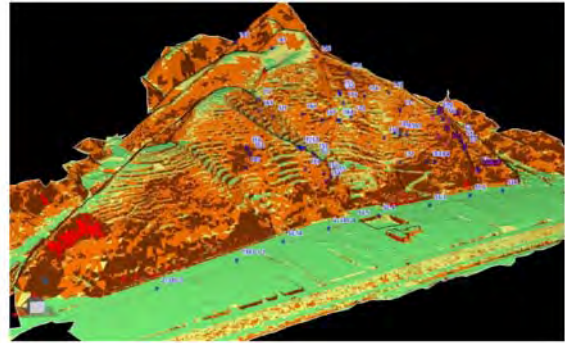
オリジナルデータ(樹木や建物あり)



等高線データ(クラウドデータからTINを構築)

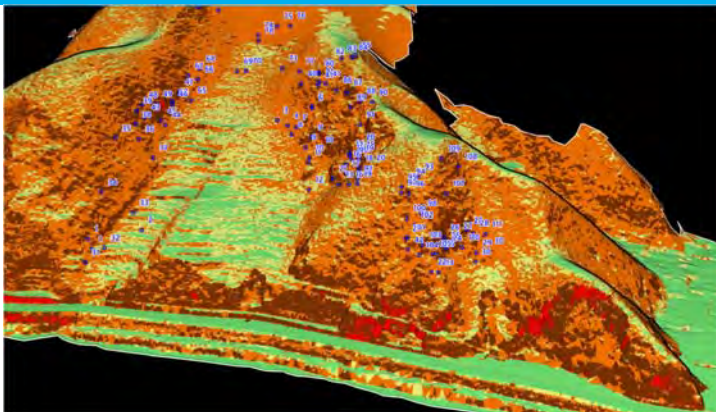


グランドデータ(樹木等を除去した地表面のデータ)

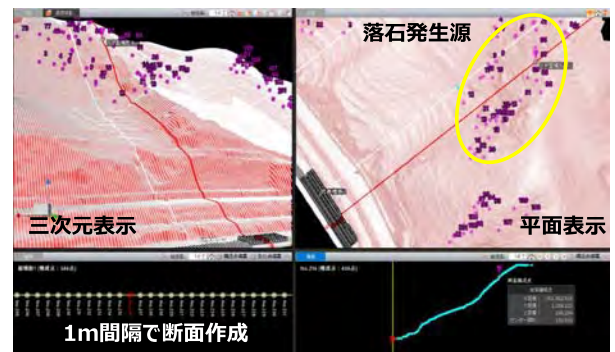


傾斜区分図(斜面勾配の角度によって色分表示し、急傾斜地を判読)

Copyright © Aratani Civil Engineering Consultants co.,Ltd. All Rights Reserved.



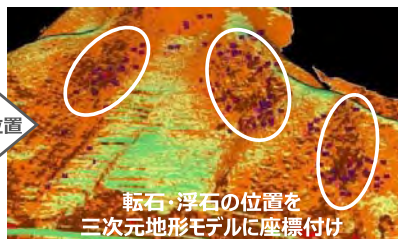
レーザー測量から3次元化したデータに転石調査位置をプロット



任意位置の横断面作成 あらゆる箇所の断面形状を把握可能  
転石箇所から落石の軌跡を考慮した断面図を作成

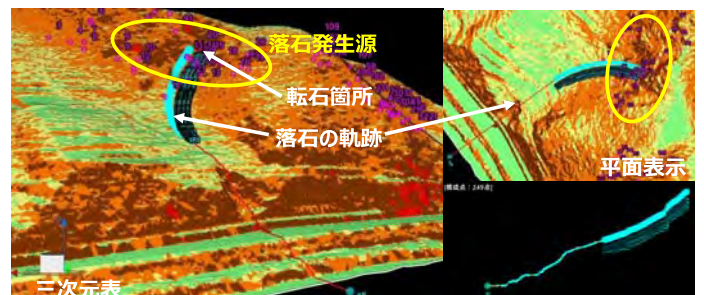


GPS機器による位置取得



正確な位置

転石・浮石の位置を  
三次元地形モデルに座標付け



傾斜区分図に現地でGPS計測した転石・浮石位置を重ねて三次元表示

Copyright © Aratani Civil Engineering Consultants co.,Ltd. All Rights Reserved.



落石シミュレーション

概要

落石シミュレーションは、等価摩擦係数から斜面勾配的にエネルギーが発生しない緩勾配の区間が存在する落石の落下軌跡について行った。

落石エネルギーは下の式で求められる。

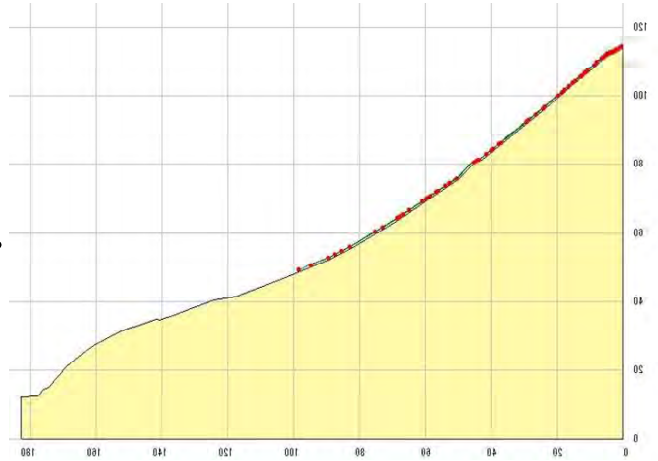
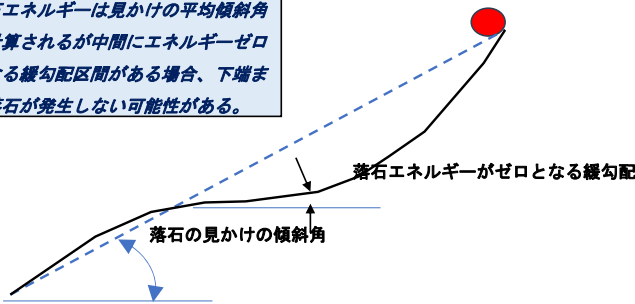
$$E = 1.1 (1 - \mu / \tan \theta) m \cdot g \cdot H$$

等価換算係数を仮に0.35とした場合、斜面角度が19度以下の場合エネルギーがマイナスとなる。

$$\mu / \tan \theta = 0.35 / \tan 19^\circ = 1.02 > 1.00 \rightarrow E \text{ がマイナスとなる。}$$

つまり落石エネルギーが発生しない、落石が転がらない事象となる。しかしながら上部の急斜面から転がった落石は緩斜面を慣性的に落下するためこのような状況の下方への落石の有無の判断のためにシミュレーションを実施したものである。

落石エネルギーは見かけの平均傾斜角で計算されるが中間にエネルギーゼロとなる緩勾配区間がある場合、下端まで落石が発生しない可能性がある。



落石シミュレーション

要対策対象の考え方

対策工の検討においては対策の必要性について以下の3種類に分類を行ったが、対策工については要対策①～③まですべてを対象としている。(1%でも落下する可能性がある場合は要対策とする。)次ページ以降に要対策箇所別一覧表を添付する。

要対策①

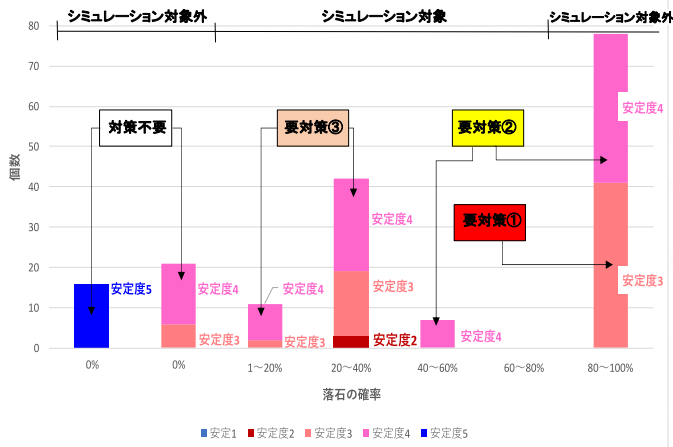
シミュレーション結果が落下確率40%以上であり且つ安定度が3, 2, 1(3以下)である。

要対策②

シミュレーション結果が落下確率40%以上であり且つ安定度が4である。

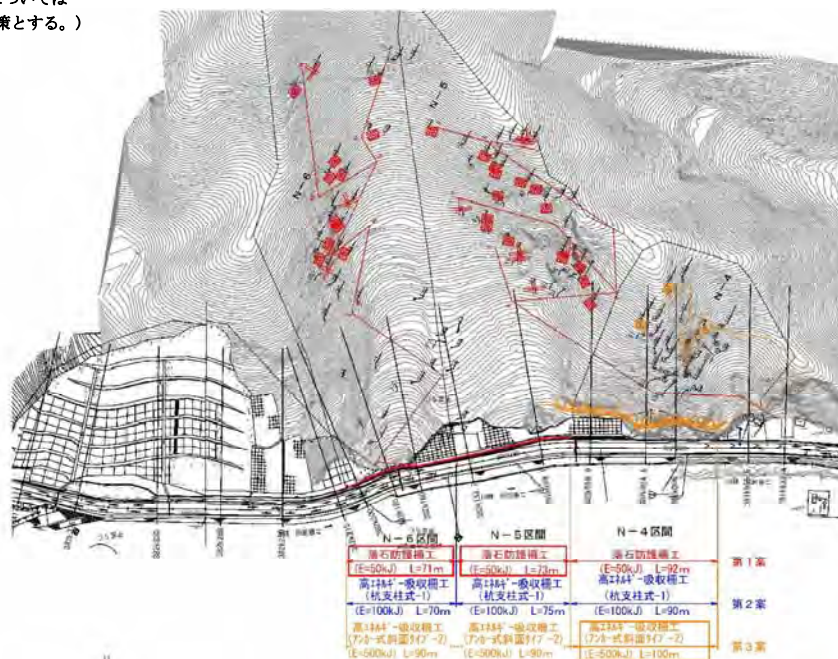
要対策③

シミュレーション結果が落確率40%以下であり且つ安定度が4, 3, 2, 1(4以下)である。



シミュレーション結果と要対策区分の概要

北側斜面比較検討結果



まとめ

【概要】国道2号関戸地区の事前通行規制区間において、規制解除のための調査として変状箇所の把握と落石調査を実施した。

『詳細な落石調査による危険要因の把握(落石シミュレーション)と対策工法の提案』

① 斜面全体の落石調査

- ・ドローンによるUAVレーザー測量(地形、落石分布状況の把握)。
- ・転石、浮石調査(現地で全「176箇所」を調査し落石エネルギー算出)。
- ・落石シミュレーション(4種類のソフトにより発生確率の算出)。
- ・複数のソフトで算出することにより結果の妥当性検証。
- ・UAVレーザー測量の活用により急峻な斜面をレーザー計測することで、精密な地形データを安全に取得でき、作業日数を約1/3に短縮。

② 変状箇所の把握

- ・路側構造物、路側斜面の調査、既存構造物(吹付法枠等)変状箇所の把握、新たな崩壊箇所の発見による要対策箇所提案。
- ・合同現地踏査の実施による発注者との要対策箇所などの情報共有。

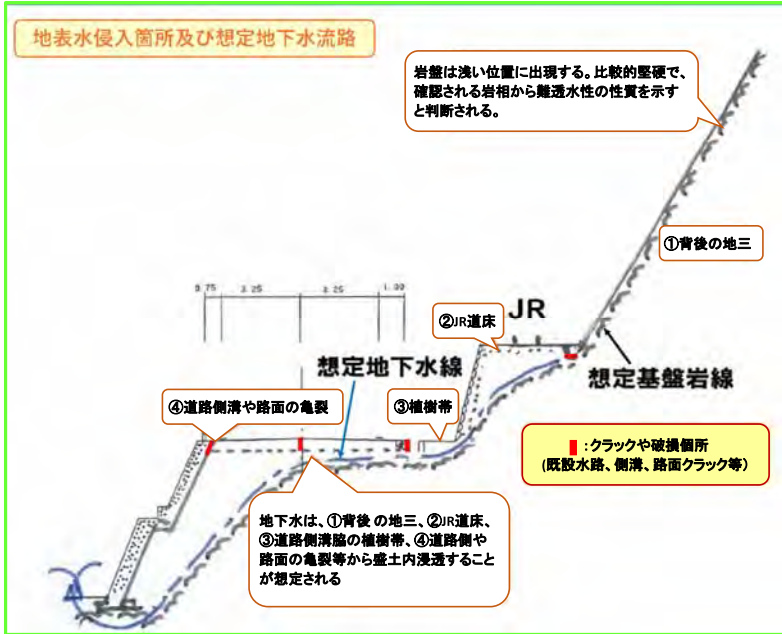
③ 対策工の設計

- ・防護工・予防工を組み合わせトータル的に経済的な対策工の提案。

対象となる山腹地形をUAVレーザー測量で詳細に把握するとともに、安定度に関わらず、すべての石の調査をGPS機器など用いて行った。また斜面中腹の緩斜面の存在から落石が道路に到達するかどうかの確認を種々の落石シミュレーションなどにより、対策が必要となる石の絞り込みを行った。



令和元年 被災状況説明資料抜粋



令和元年 被災状況説明資料抜粋



溪流状況(流水あり)

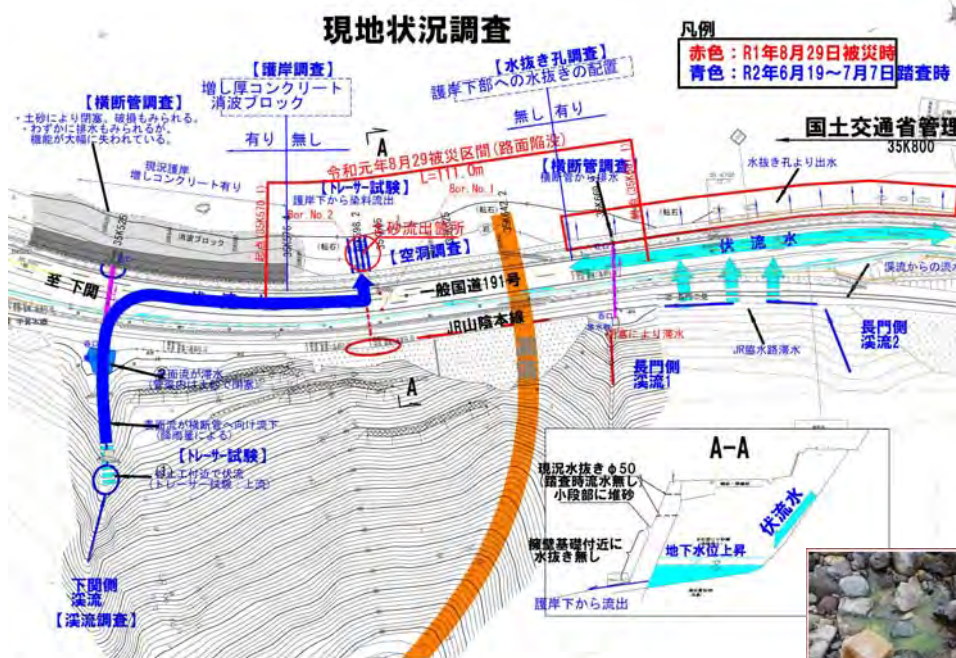


溪流状況(流水なし)



既設水抜きパイプからの出水状況

令和2年(本業務) 豪雨時現地状況写真



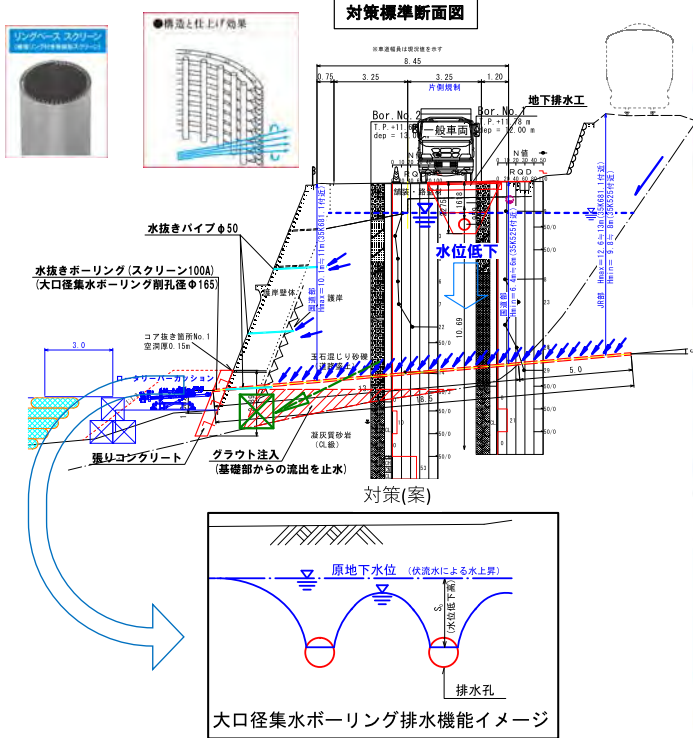
令和2年(本業務) 現地調査結果



長門側溪流上流で投入  
溪流上流でトレーサー染料投入



染料流出確認  
令和元年流出箇所(応急対策の方塊ブロック)  
流出被災箇所での染料流出を確認(4時間後)



**対策工の考え方フロー**

被災原因	山側からの浸透水(伏流水)による既設擁壁下部からの出水により路体構成土が流出、結果道路が陥没した。					
現地調査結果	JR山側排水状況 JR山側からの雨水逕水が既存の排水施設に流入する手前で地山に伏流している状況を確認。またJRをオーバーフローして路側植樹帯より浸透する伏流水も確認された。	水抜きパイプ非設置箇所 擁壁下部からの伏流水の出水を確認。	水抜きパイプ設置箇所 既設の護岸の背面は旧護岸があると推定される。また護岸背面は礫により閉結されており、道路内からの伏流水は既存の水抜きパイプを通して排水されている。	一部護岸基礎部の亀裂から出水している状況を確認	既存橋脚排水管 起点側のJRからの床面部の排水構造物は土砂で閉塞し破損しており排水機能が低下している。	
対策方針	山側から路体内に伏流している雨水を速やかに排水するための対策。対策により排水できない下部の既設擁壁背面の埋戻し空間閉結処理	現状伏流水の排水機能が確保されており被災箇所範囲外は対策を実施しない。	擁壁下部の背面埋戻しの空洞充填処理	既存の排水構造物補修		
対策工	A 大口径の水抜きボーリングによる伏流水排水対策	B 道路内への地下排水パイプによりオーバーフローによる伏流水を排水する対策	C 既設擁壁背面からの排水効果を高めるため排水ボーリング工を併用し水抜きパイプの敷設	D 張コンクリート工による既設護岸基礎部の補強と出水防止対策	E 既設擁壁背面へのグラウト注入を行い排水ボーリングで集水できない範囲の閉結	F 根固めブロックにより張コンクリート工の基礎部洗堀防止対策

まとめ

**【概要】** 令和元年8月29日発生した国道191号での道路陥没について、ボーリング等の詳細な地質調査等を実施し、被災原因を特定することにより的確な対策工法の設計を行った。

『詳細な被災原因の特定、的確な対策工法の検討』

① 被災原因の特定

- ・ボーリング調査: 道路上下線2本
- ・護岸コア抜き: 1か所
- ・既設排水管内カメラ調査による破損箇所特定
- ・トレーサー試験: 新たな伏流水経路の特定
- ・トレーサー材投入から伏流水流出を4時間を要して確認し、原因を特定。

② 対策工の設計(伏流水)

- ・水抜きボーリングはJRの荷重を考慮し、鋼管大口径ボーリングを採用(スクリーン100A)

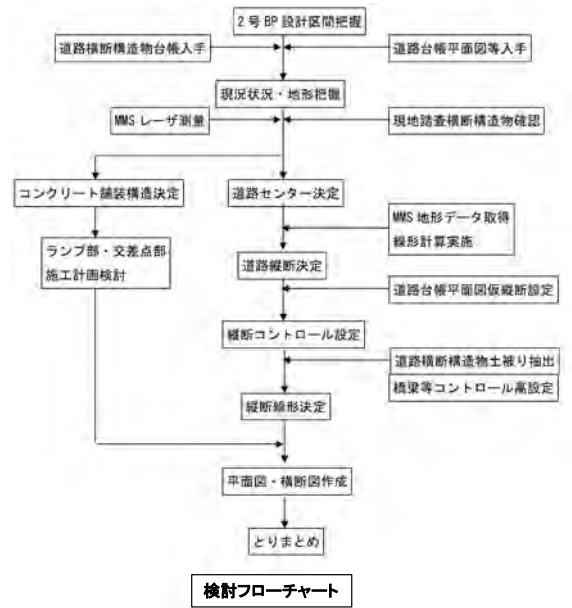
③ 対策工の設計(護岸等)

- ・根固め工: 消波ブロック(2t)
- ・張コンクリート
- ・工事用道路
- ・施工計画

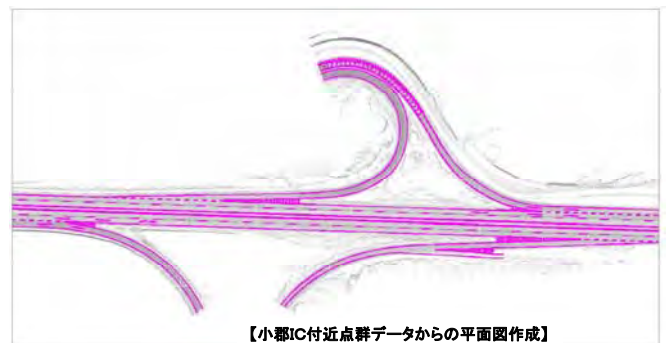
被災が山腹からの湧水原因ということで、その確実な根拠を突き止めるため豪雨時現地に何度も(10回以上)赴き、目視のみの調査では不可能であった湧水経路をトレーサー試験により特定した。



国道2号小郡バイパス全体平面図

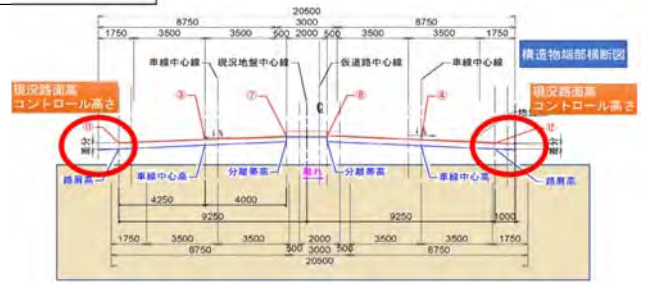
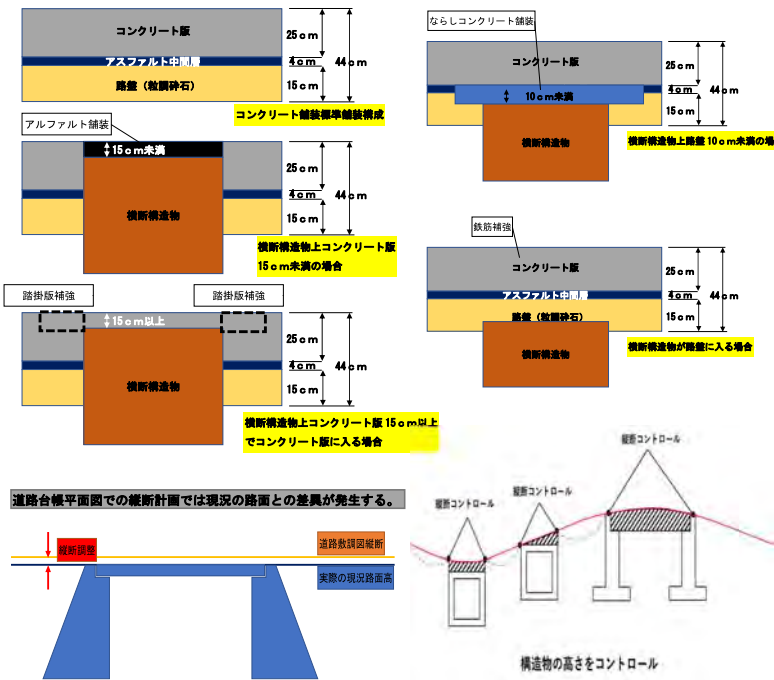


MMSでの計測データ

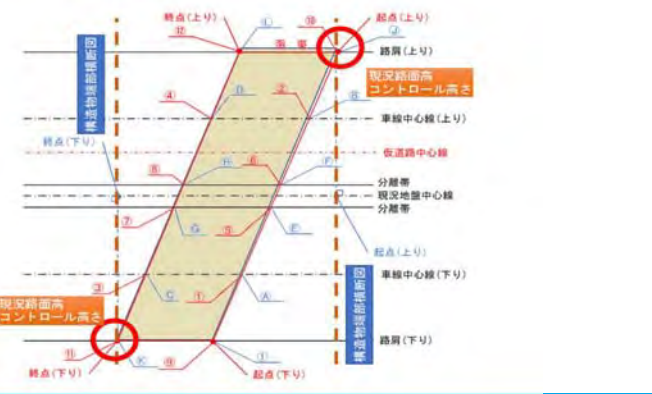


横断構造物上での土被りによる舗装構成の設定

縦断調整の考え方

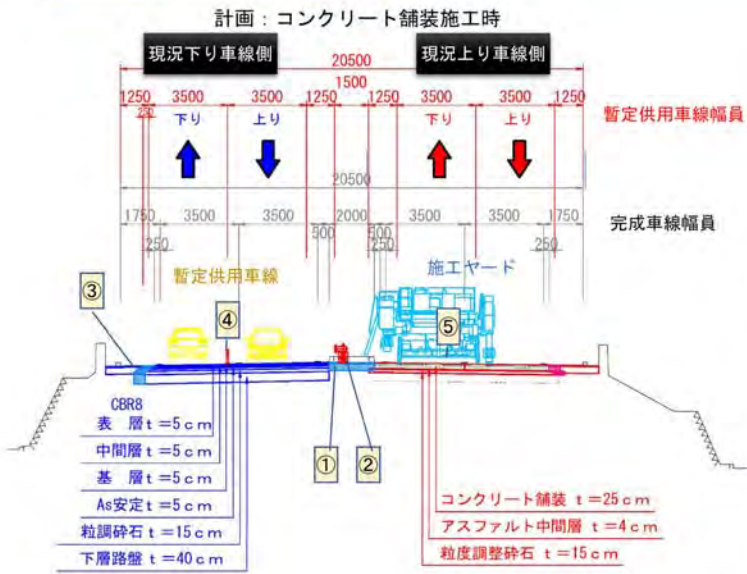


道路敷図の縦断の差異について構造物端部の路肩端の路面高をコントロールとする。

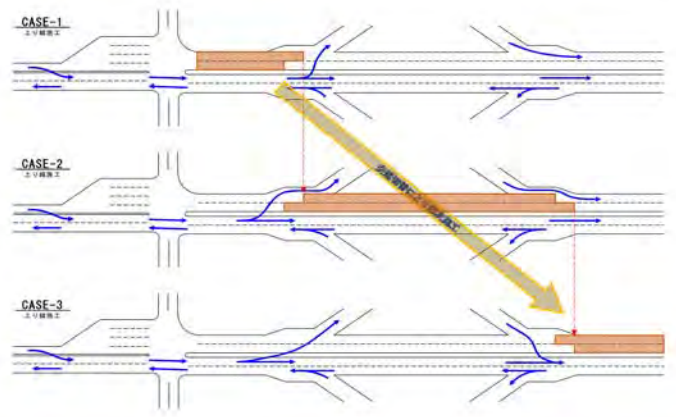


施工時切り回し計画

上り車線側施工手順の一例



手順	施工内容	交通規制種別
①	中分撤去と中分側に路肩舗装施工	追越車線側規制【下り側】
②	中分側に仮設防護柵設定	〃
③	暫定共用車線側左路肩側の車道舗装拡幅	走行車線側規制【下り側】
④	暫定供用車線中央ポストコーン設置	〃
⑤	下り側2車線への対面通行に切り替え	対面通行規制【下り側】
⑥	上り車線側コンクリート舗装工事	〃



まとめ

【概要】国道2号小郡BP自専道区間のコンクリート舗装変更に伴う概略設計

『MMS(モバイルマッピングシステム)による路面計測を行い地形データの復元から計画図面の作成』

① 詳細な地形把握

- ・MMS計測により点群データ取得し、道路の詳細な形状と路面位置を計測
- ・道路の詳細な形状と路面位置を計測。
- ・MMS計測により点群データを取得。平面図の他、断面形状の計測も同時に実施。  
作業日数を約1/3に短縮。交通規制が不要で安全かつ経費削減効果あり。
- ・道路横断構造物の把握

② 計画縦横断の設定

- ・中心線の設定(現道の道路中心にマッチしたセンター座標の決定)
- ・縦断線形の設定(道路横断構造物を考慮し、現況の地形にマッチした縦断設定)

③ 施工計画

- ・切り回しを考慮した施工部分の検討(通行止を行わず施工できる計画検討)

地形、付帯構造物及び道路の中心線線形データが無いためMMSによる現況道路地形の計測を行い道路中心線の復元、横断構造物の位置や土被り、その他支障物件など現地確認を詳細に把握することで従来の地形測量に比べ計画平面・縦断・横断図の精度を向上させた。

おわりに

高評価の要因(全体業務を通じて)

- 業務量が多岐に渡り、検討に時間を要する内容でも中間報告を定期的に行う。(相互の勘違いを是正し手戻りをなくすることが可能。)
- 発注者側のスケジュール感を把握し、タイムリーな中間成果の納品。
- 最終到達点(対策工法までの手順や解決策など)想定した上で更なる改善点を創出する。
- 良好な人間関係の維持。

苦労したポイント(業務全体を通じて)

- 特に詳細設計では工法が確定するまで、種々の問合せへの対応と修正に苦労した。  
設計根拠資料の作成や工法の考え方の再考により何度も作業手戻りが発生、さらに工事発注後においても材料仕様や施工方法について様々な問合せがありその都度対応した。
- 社内の業務体制と緊急対応にも配慮した体制の確保に苦労した。  
災害対応や部署が異なる種別の業務を短期間で仕上げる要望など、その都度体制を構築した。
- 業務内容の重要度と優先順位に応じたスケジュール管理に苦労した。  
納期が短い急な対応には、どの作業を止めて作業人数を確保するかや、検討内容が複雑で時間がかかりそうな作業は専属の作業員を当てることで効率化を図り工程の遅れを発生させなかった。