



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

業務の概要

□本業務では、山口河川国道事務所管内における電線共同溝予備設計及び管内の修繕設計や多岐に渡る検討課題について業務(測量・調査・設計)を行ったものである。また、業務中に発生した災害の緊急対応も行った。

□測量は基準点、水準点、地形、路線、用地測量を実施した他、i-Constructionに係る業務としてUAV・MMSによるレーザー測量、空中写真撮影を行った。

□地質調査は機械ボーリング、サウンディング及び原位置試験、粒度試験を実施した。

□設計は以下の内容について実施している。

▼電線共同溝予備設計($L=1.6\text{km}$) ▼海岸の越波対策工検討及び詳細設計

▼国道2号関戸山腹全域において落石調査・落石シミュレーション・落石対策設計

▼法枠・鉄筋挿入工による法面工詳細設計 ▼低周波音解析 ▼引込管路設計

国道191号宇賀の道路陥没箇所においては、トレーサー材による渓流部の伏流水経路調査を行い、大口径の鋼管による排水ボーリング工の設計を実施した。

業務の概要

1) 業務名

山口管内電線共同溝外設計業務

2) 業務箇所

山口河川国道事務所管内

3) 履行期間

自) 令和元年10月16日

至) 令和2年11月30日

4) 発注者

国土交通省

中国地方整備局

山口河川国道事務所



業務の概要

業務内容	設計数量		国道名	地区名
	管数	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
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
5 アンカー付場所打ち法枠	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
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
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)

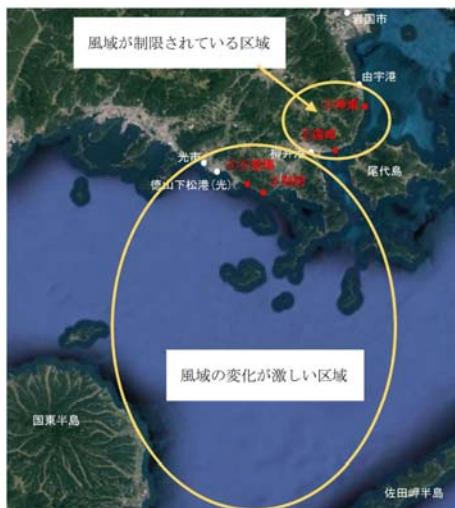
一般国道188号【神東、遠崎、別府、室積地区】

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④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



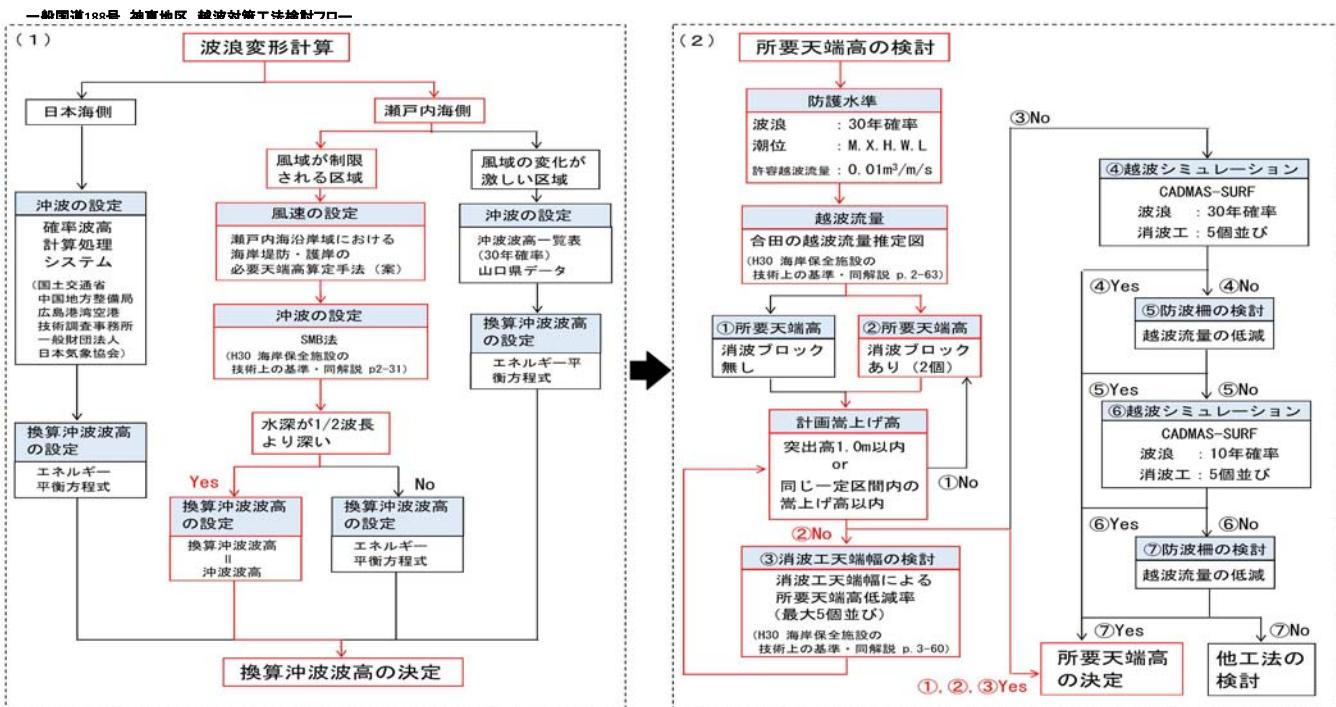
遠崎地区越波状況



別府地区越波状況

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】



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



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】

現地状況・資料収集整理



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 ENE～ESE 方向の 3 方向とする。



波浪推算地点と波向き

所要天端高の算定

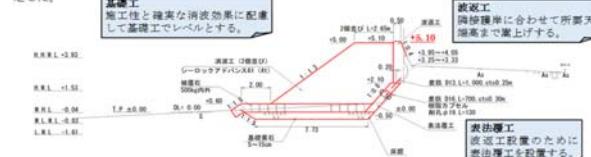
所要天端高の算定は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説 平成 30 年」の直立護岸の越波流量推定図より算定した。

波向	沖波波高 Hs (m)	周期 Tz (s)	沖波波長 La (m)	概算冲波 Hs' (m)	既設天端高 Ht (m)	必要天端高 (m)	
						消波なし	消波あり
SSE	1.2	3.1	15.0	1.20	-3.85m	+4.90m	+4.70m
S	1.4	3.4	18.0	1.40	-	+5.70m	+5.10m
SSW	1.5	3.6	20.2	1.50	-	+4.65m	+5.00m

海岸保全施設の技術上の基準・同解説 p3-30 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ことされている。本対象区間の隣接するバラベット高さは+5.10m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。隣接するバ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

該対策工法の選定は、1) 消波ブロックの比較検定、2) 嵩上工、被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

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



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



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おり。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

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

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 0.01m³/m/S

2) 確率沖波

① 施設性能 : 30年

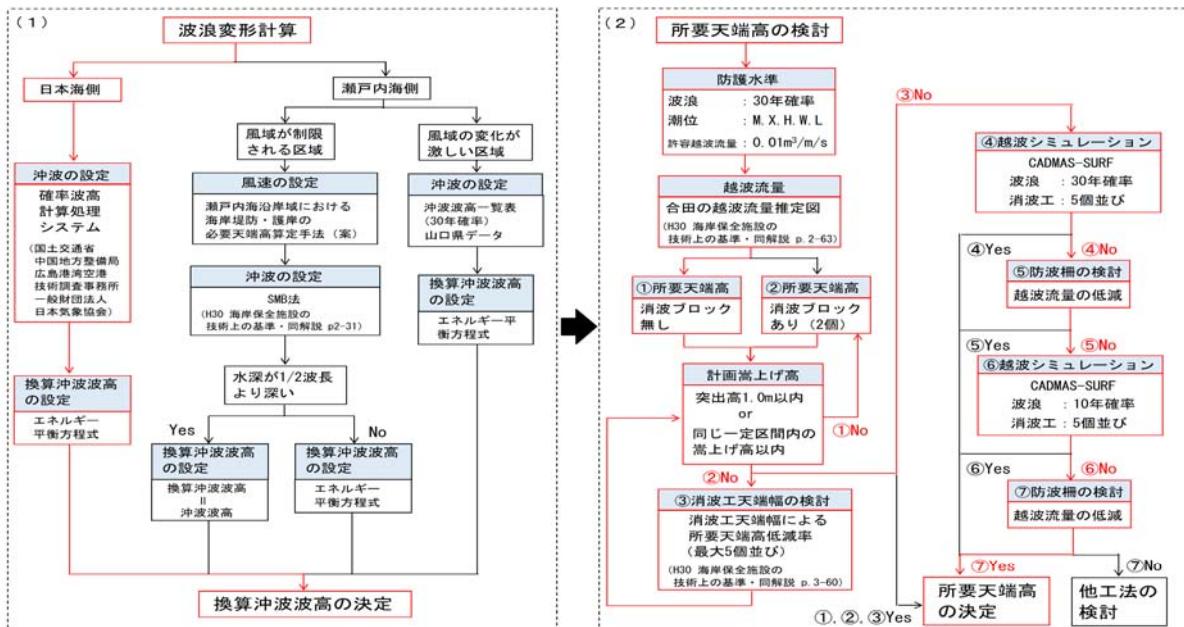
② 許容越波流量 : 10年 (道路交通規制と併用)

*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

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



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

国道188号・191号越波対策(神東、遠崎、別府、室積、大井地区)

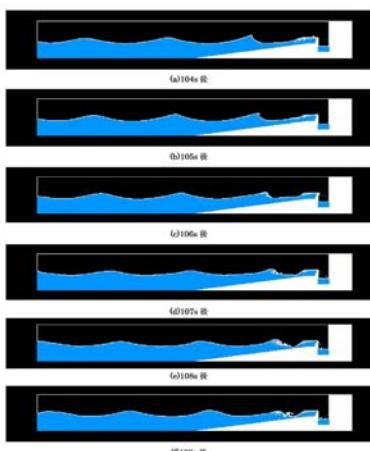
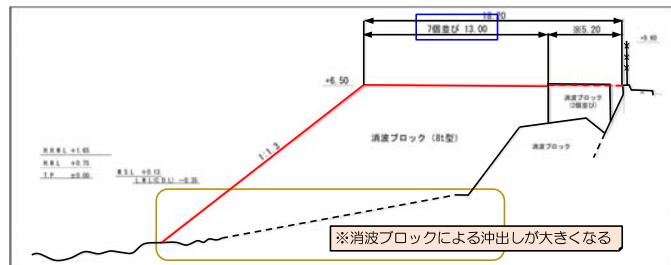
株式会社 荒谷建設コンサルタント

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 $0.009\text{m}^3/\text{s}$ < 許容越波流量 $0.01\text{m}^3/\text{s}$ OK

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

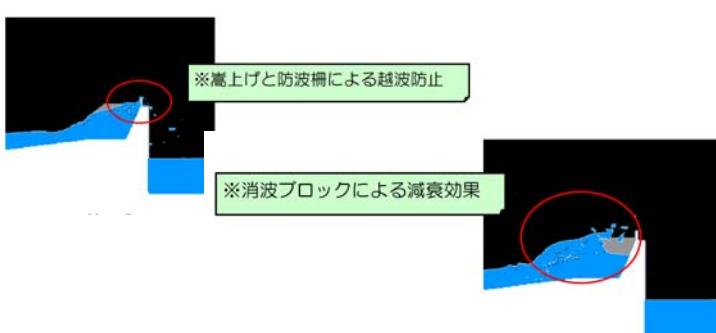
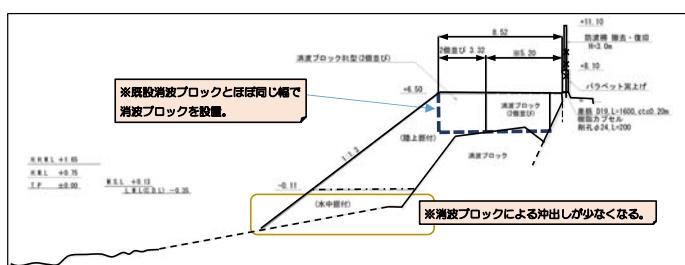
アラタニ

国道188号・191号越波対策(神東、遠崎、別府、室積、大井地区)

株式会社 荒谷建設コンサルタント

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

目標
越波流量 $0.01\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$

対策後
越波流量 $0.007\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$

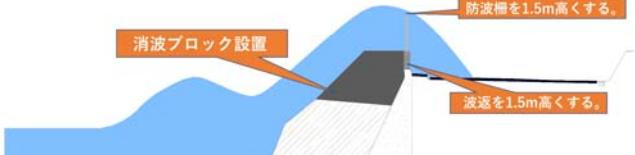


消波ブロックを追加設置しない対策

目標越波流量 $0.01\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$

対策後
越波流量 $0.015\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$

目標越波流量を満足しないため、通行止め時の波浪に着目



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

アラタニ

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1か月で迅速に対応。
- ・発注済み工事対応のため3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の効率的な選定

- ・海岸構造物の延長が長く補修箇所の選定に時間を要するので、海側はUAV、道路側はMMSを活用し、補修箇所の選定を行った。
- ・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)

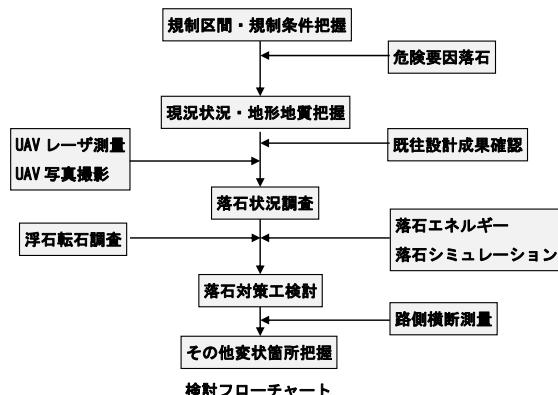


■特殊・事前通行規制箇所

巡回番号	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	距離標	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	380.8～382.7	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を超えると判断 (テレメータ) 岩国市関戸	(テレメータ) 岩国市関戸	落石

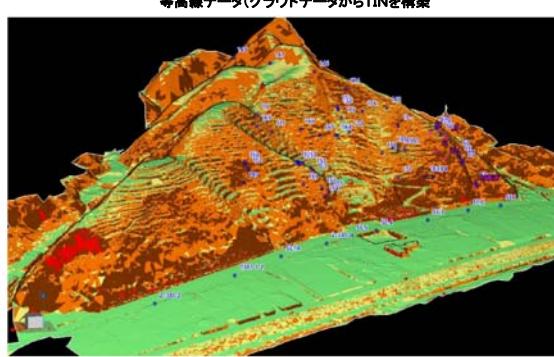
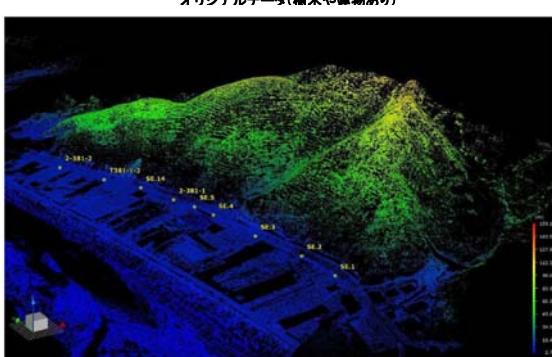
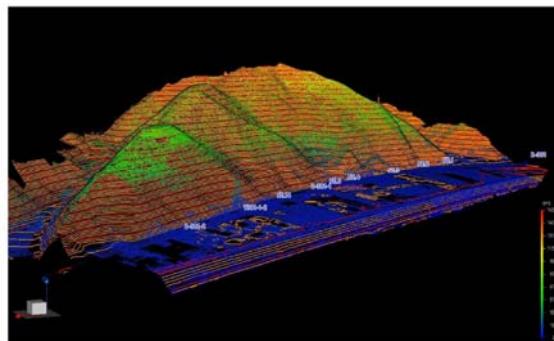
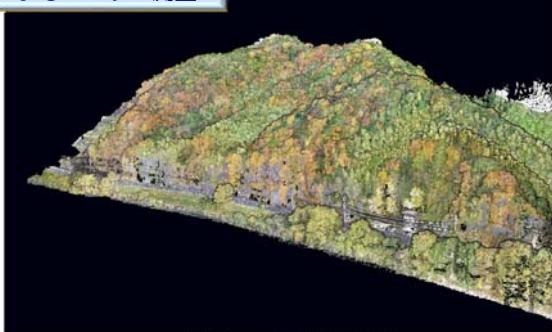
国地方整備局 山口河川国道事務所 道路維持管理計画 平成31年4月より抜粋

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。



国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)

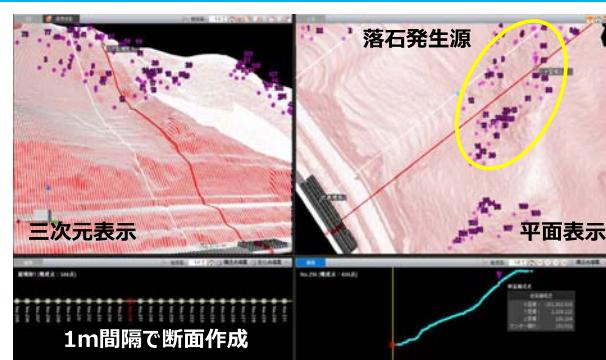
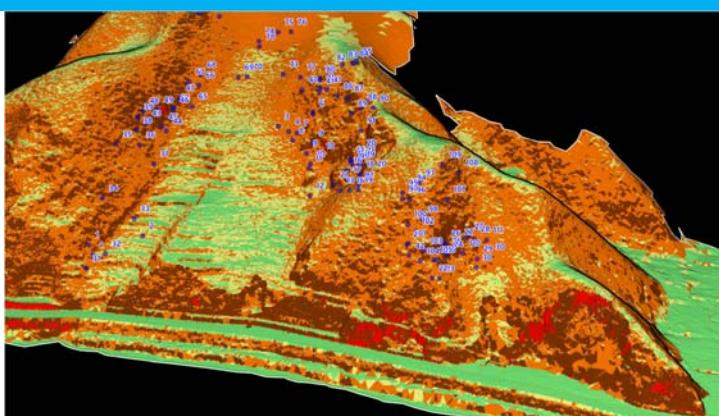
UAVによるレーザー測量



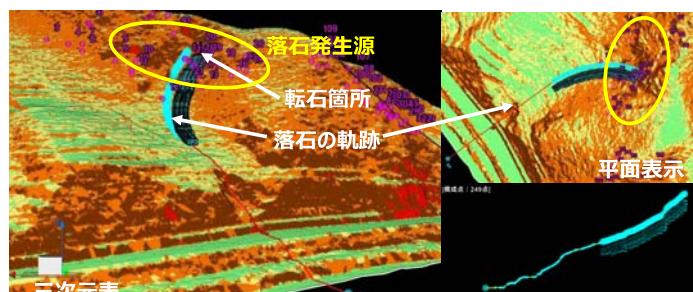
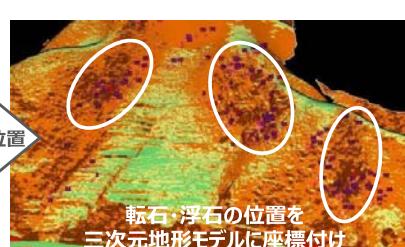
Copyright © Aratani Civil Engineering Consultants co.,ltd. All Rights Reserved.



国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)



任意位置の横断図作成 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



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.



国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)

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。

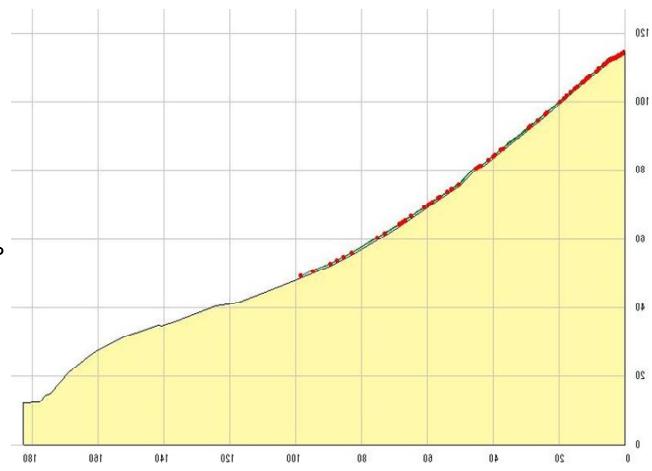
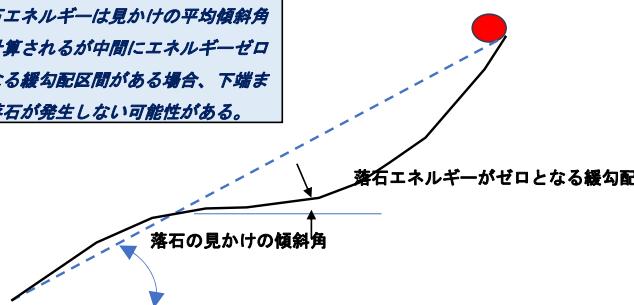
$$E = 1 \cdot 1 \cdot (1 - \mu / \tan \theta) m \cdot g \cdot H$$

等価換算係数を仮に0.35とした場合、斜面角度が19度以下の場合は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

国道2号落石調査設計(岩国市関戸地区)

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

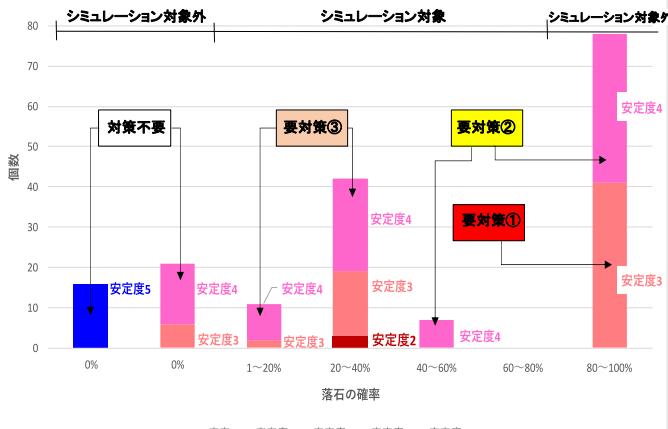
シミュレーション結果が落下確率40%以上であり且つ安定度が3, 2, 1(3以下)である。

要対策②

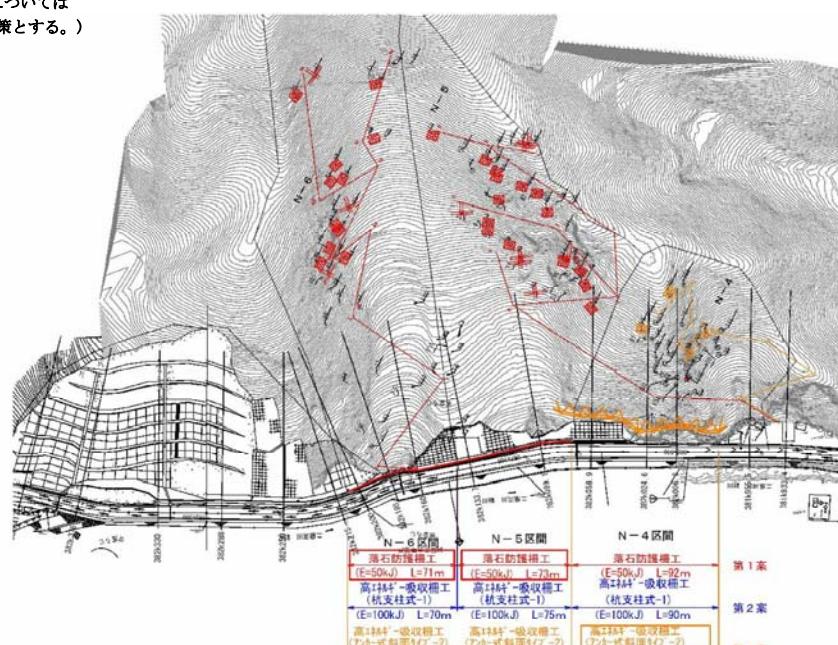
シミュレーション結果が落下確率40%以上であり且つ安定度が4である。

要対策③

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



北側斜面比較検討結果



シミュレーション結果と要対策区分の概要

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。

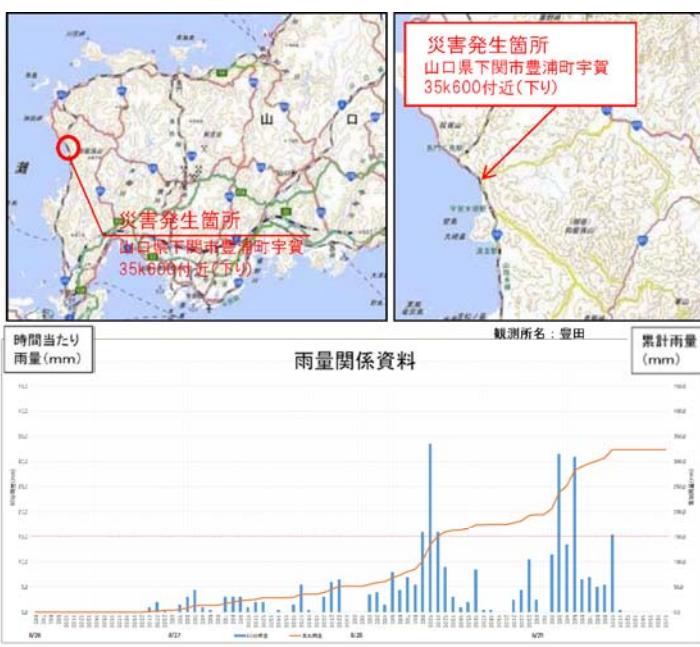
② 変状箇所の把握

- ・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。

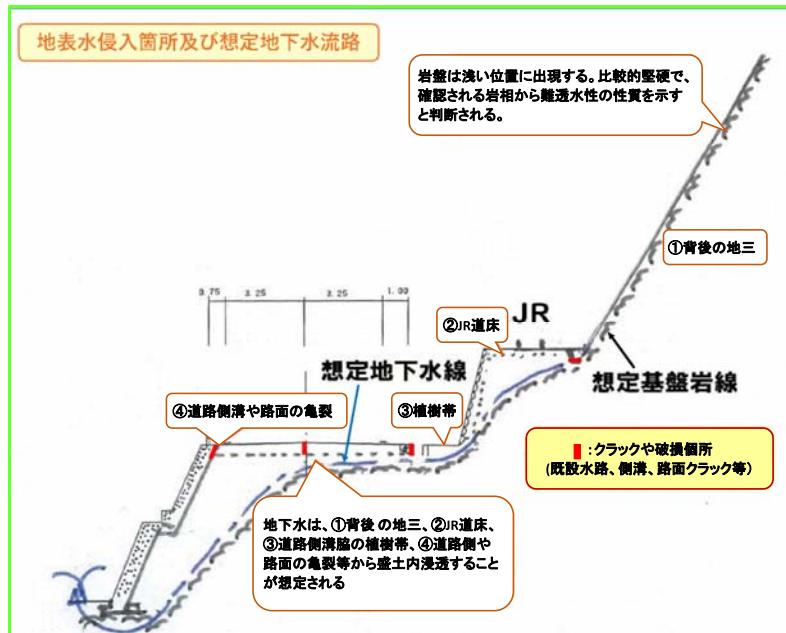
対象となる山腹地形をUAVレーザー測量で詳細に把握するとともに、安定度に関わらず、すべての石の調査をGPS機器など用いて行った。また斜面中腹の緩斜面の存在から落石が道路に到達するかどうかの確認を種々の落石シミュレーションなどにより、対策が必要となる石の絞り込みを行った。



令和元年 被災状況説明資料抜粋

国道191号道路陥没箇所対策検討(下関市宇賀地区)

荒谷建設コンサルタント



令和元年 被災状況説明資料抜粋



渓流状況(流水あり)



渓流状況(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

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

アラタニ

国道191号道路陥没箇所対策検討(下関市宇賀地区)

荒谷建設コンサルタント

現地状況調査



令和2年(本業務) 現地調査結果



渓流上流でトレーサー染料投入



令和元年流出箇所(応急対策の方塊ブロック)

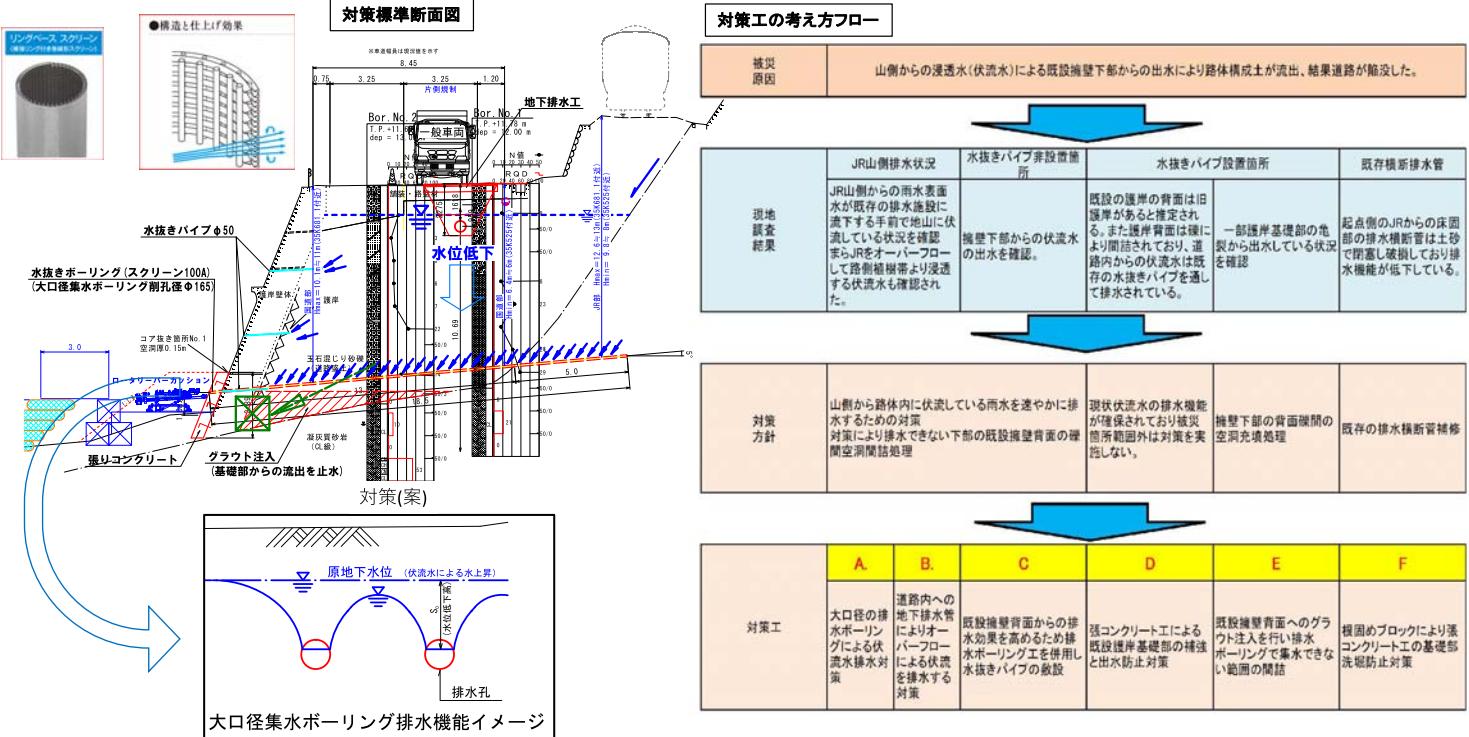
流出被災箇所での染料流出を確認(4時間後)

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

アラタニ

国道191号道路陥没箇所対策検討(下関市宇賀地区)

株式会社 荒谷建設コンサルタント



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

国道191号道路陥没箇所対策検討(下関市宇賀地区)

株式会社 荒谷建設コンサルタント

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)

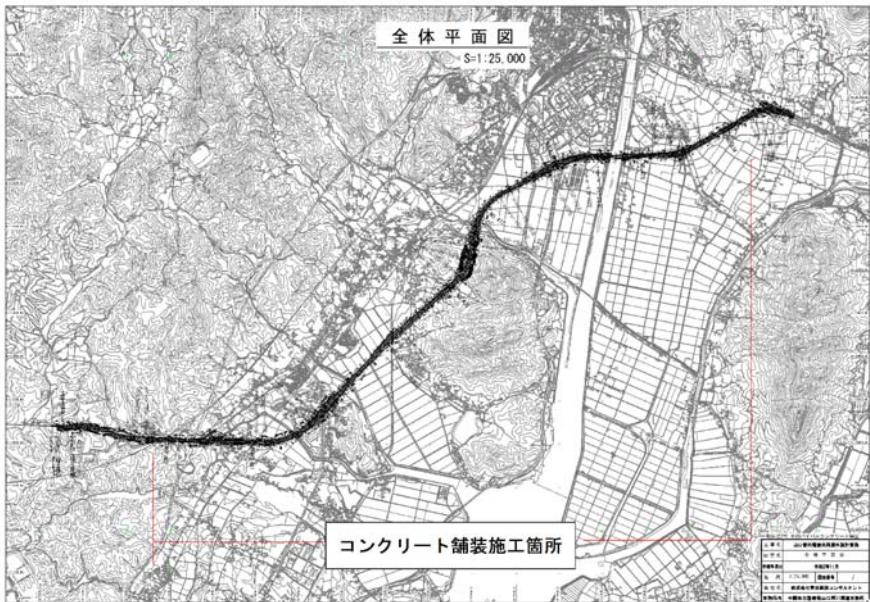
- ・根固め工: 消波ブロック(2t)
- ・工事用道路
- ・張コンクリート
- ・施工計画

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。

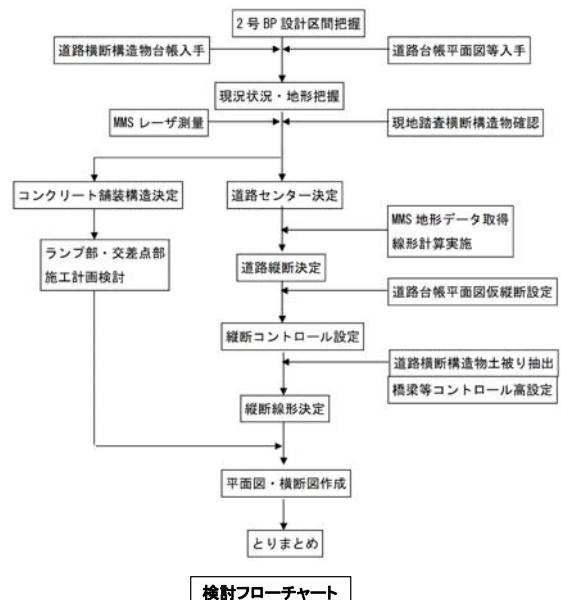
Copyright © Aratani Civil Engineering Consultants co.,ltd. All Rights Reserved.

国道2号コンクリート舗装計画検討(小郡バイパス)

株式会社 荒谷建設コンサルタント



国道2号小郡バイパス全体平面図



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

国道2号コンクリート舗装計画検討(小郡バイパス)

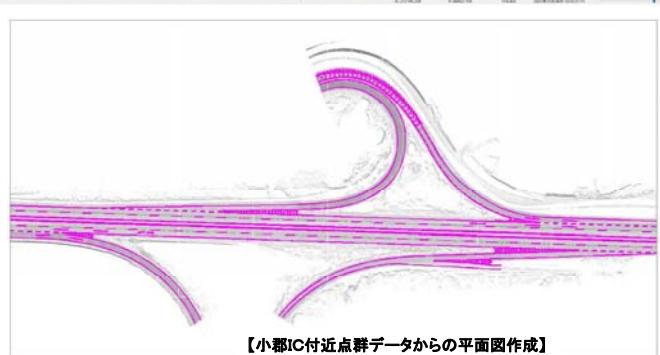
株式会社 荒谷建設コンサルタント



【名田島IC付近の点群データ】



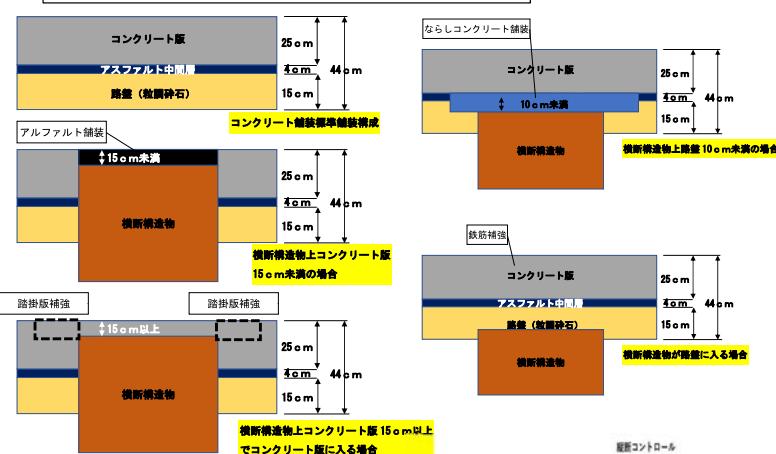
【小郡IC付近の点群データ】



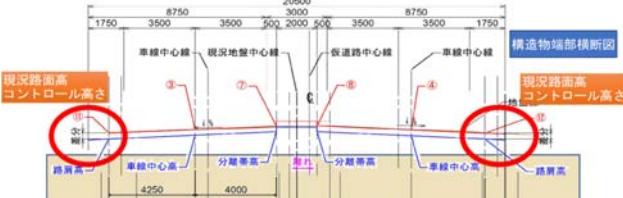
Copyright © Aratani Civil Engineering Consultants co.,ltd. All Rights Reserved. 

国道2号コンクリート舗装計画検討(小郡バイパス)

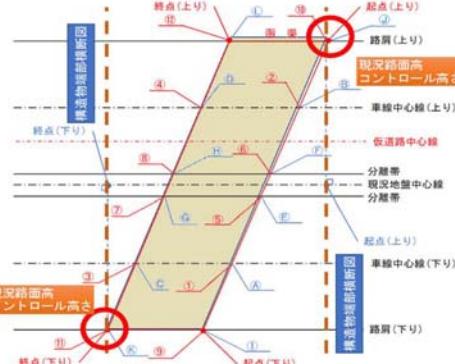
横断構造物上での土被りによる舗装構成の設定



縦断調整の考え方



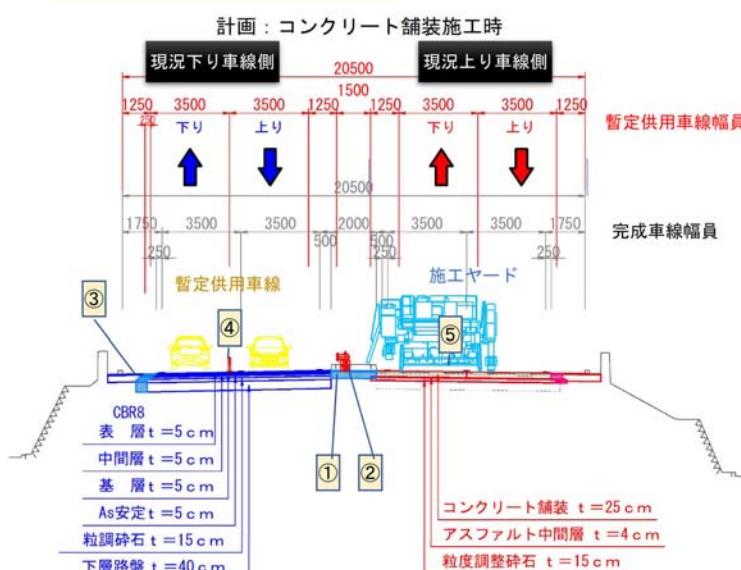
道路敷設図の縦断の差異について構造物端部の路肩端の路面高をコントロールとする。



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

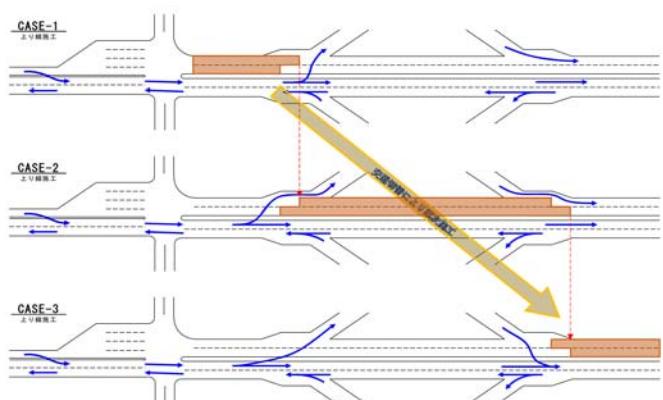
国道2号コンクリート舗装計画検討(小郡バイパス)

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帯幅	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	"



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

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(モービ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。