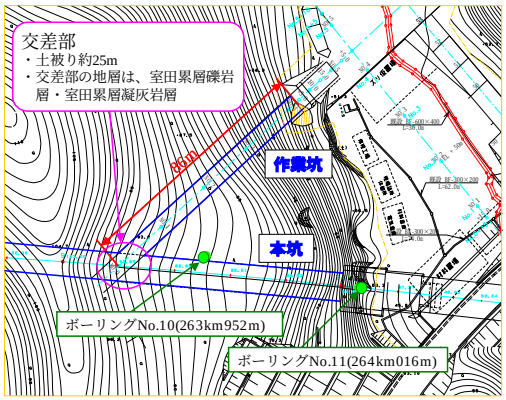
パラメトリックスタディによる交差部支保補強パターンの早期決定法

清水建設(株)　土木事業本部　技術第２部　　正会員　○藏重　幹夫，　矢部　幸男
清水・佐藤・アイサワ・丸新志鷹建設共同企業体　　正会員　　江戸川　修一，藤野　晃

１．はじめに

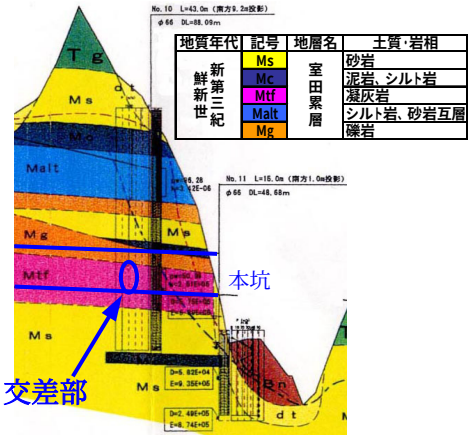
北陸幹（黒・富）第２魚津トンネルは延長 3,125m で，作業坑から本坑を分岐して施工する工事である．作業坑は約 86m と短く，掘削開始後，約１ヶ月で交差部に到達することが予想された．そのため，作業坑の計測データを分析し，交差部の支保補強パターンを検討する時間的な余裕はなかった．そこで，事前に地山の諸定数を段階的に変えたパラメトリックスタディの結果と，施工時における作業坑の内空変位を比較することにより，早期に交差部の支保パターンを選定できる方法を考案した．本稿は，本方法による支保構造の設定の有効性と施工後の状況を報告するものである．



図－１　平面図

２．地形・地質状況

交差部付近の平面図とボーリング位置を図－１に示す．ボーリング No.10 は，交差部の交点から約 30m と比較的近い位置にある．地質縦断図を図－２に示す．図に示すように交差部の地層構成は複雑である．交差部に存在する室田累層の凝灰岩は，固結度は高いが浸水崩壊度は非常に大きく，また，礫岩は固結度が小さい性質を示している．



図－２　本坑地質縦断図

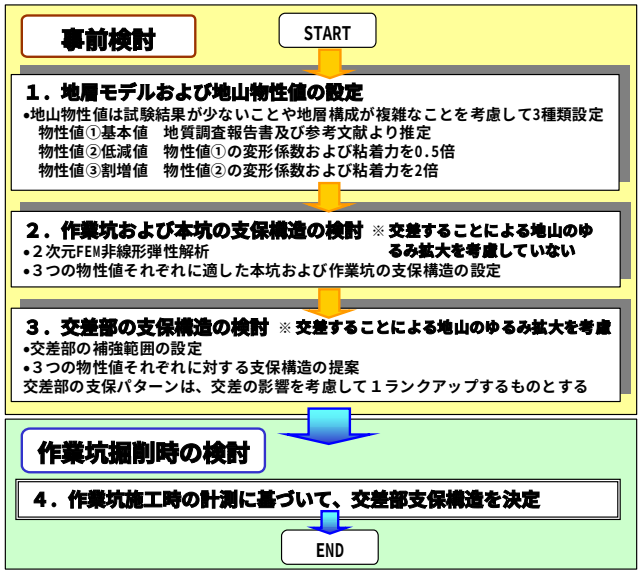
３．本交差部の問題点

本交差部の問題点は，次の３つであった．

ｉ）作業坑が短いため，施工時の計測・観測結果をフィードバックして，逆解析や同定解析を行う時間がない．ii）地山は軟弱かつ複雑な地層構成で，さらに，地質調査結果が少なく，多くの地山物性値が不明である．iii）本坑と作業坑の交差角は 45°で，通常の交差部に比べて交差角は小さく，鋭角部の応力集中によるゆるみが大きくなることが懸念された．

４．検討フロー

検討手順は，図－３に示すように事前検討と作業坑施工時の２段階に分かれる．地山物性値は，試験結果と参考文献等を総合的に判断して基本値を設定した．また，基本物性値と比べ，実際に掘削した地山が良い場合（割増値）と悪い場合（低減値）の２種類を設定した．次に，交差を考慮しない２次元 FEM 解析で，３種の地山物性値それぞれに対して，適切な支保構造の設定を行った．事前検討の最後として，数多くの解析・設計及び施工実績と参考文献[I）II）]



図－３　検討フロー

キーワード　トンネル，交差部，パラメトリックスタディ，支保パターン
連絡先　　〒105-8007　東京都港区芝浦１丁目２−３　清水建設（株）　ＴＥＬ03-5441-1111

を参考にして交差部の支保パターンと補強範囲を設定した．

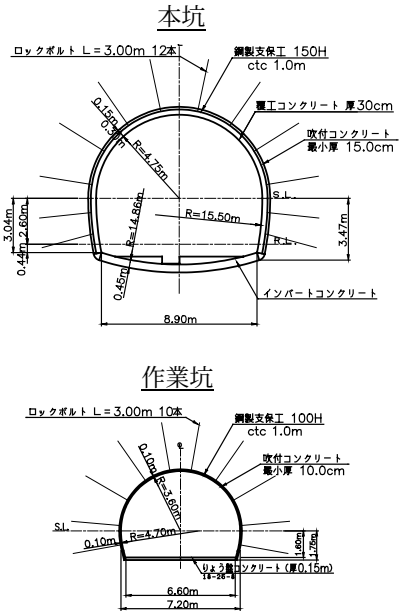
その後，作業坑掘削時における A 計測と解析結果を比較して交差部の地山物性値の推定と支保構造の決定を行った．

5．支保パターン

本坑および作業坑の標準支保パターン図（当初設計）を図－4に示す．設定した3種類の物性値それぞれに適した支保パターンの決定と，交差の影響を考慮した支保構造の決定のために，表－1に示す3つの支保パターンについて解析を行った．

表－1　支保パターン

	支保パターン名	鋼製支保工	ロックボルト	吹付コンクリート厚	備考
本坑	本坑 A	H-150	D22, 3m×12本	15cm	－
	本坑 B	H-200	D22, 3m×12本	20cm	－
	本坑 C	H-200	D22, 3m×12本	20cm	AGF
作業坑	作業坑 A	H-100	D22, 3m×10本	10cm	－
	作業坑 B	H-125	D22, 3m×10本	12.5cm	－
	作業坑 C	H-150	D22, 3m×10本	15cm	－



図－4　標準支保パターン

6．交差部の支保構造と補強範囲

3種の地山物性値それぞれについて，交差の影響を考慮しない場合の適切な支保パターンを 2 次元 FEM によって表－2に示すように決定した（○印）．

交差の影響は不確定要素が多いため，数多くの事例を参考にして，表－2に示すように1ランク強化することにした．すなわち，交差部の支保パターンは許容応力度を十分満足する□印の支保パターンを適用するものとした．

交差部の補強範囲については，図－5に示すように 4 つの範囲に分けて，それぞれの支保構造を決定した．

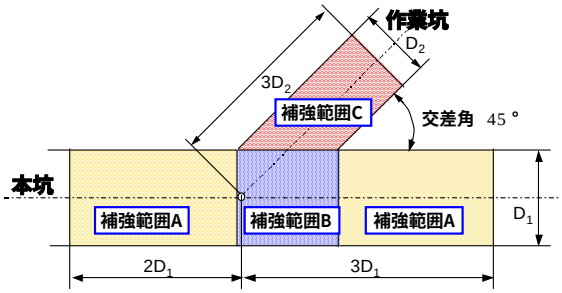
表－2　解析結果に基づく支保パターン

トンネル	支保ﾊﾟﾀｰﾝ名	地山物性値		
		低減値	基本値	割増値
本坑	本坑 A	×	○ →	□
	本坑 B	○ →	□	－
	本坑 C	○ →	□	－
作業坑	作業坑 A	×	○ →	□
	作業坑 B	×	○ →	□
	作業坑 C	○ →	□	－

○：支保の許容応力度を満足し，ほぼ等しい発生応力
□：十分余裕あり　×：支保の許容応力度を超える
→：交差を考慮した場合の支保パターン（□）

7．作業坑掘削時の検討

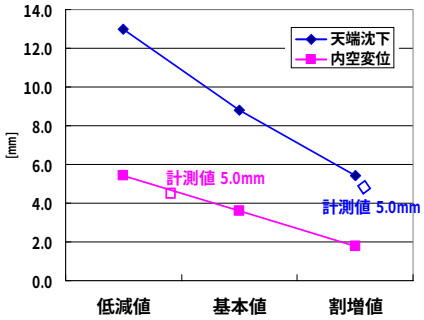
以上の事前検討を基に，作業坑の A 計測結果を用いて，交差部における適切な支保構造を決定した．交差部近くの代表的な計測値は天端沈下および内空変位ともに 5㎜ であった．事前検討における解析結果と比較したものを図－6に示す．天端沈下量は，良い地山と同程度であるが，内空変位は，悪い地山と基本値の中間であった．そこで，掘削時の地山の観察記録等も総合的に判断して，基本物性値に対応する支保構造を用いることにした．



図－5　交差部補強範囲

8．まとめ

パラメトリックスタディによる事前検討によって，早期に交差部の支保構造が設定でき，工期短縮に結びついた．また，本坑交差部の天端沈下量も 13㎜ 程度と小さく，支保の変状も発生することはなかった．



図－6　解析結果と計測結果の比較

参考文献

Ⅰ）今田徹，山崎良一，西村和夫：光弾性実験によるトンネル交差部の応力性状，土木学会論文集，第 421 号/IV-13，1990.9　Ⅱ）日本トンネル技術協会：山岳トンネルの坑内交差部の設計・施工に関する研究報告書，昭和 60 年 2 月