

新若戸道路(仮称) (沈埋トンネル) の限界状態設計

国土交通省 下関港湾空港技術調査事務所

樋口 晃

正会員

諫山 貞雄

正会員

岡野 正

村上 真彦

1. はじめに

北九州市の若松区と戸畑側を結ぶ臨港道路として新若戸道路(仮称:以下、新若戸道路という。)が計画されており、国土交通省 九州地方整備局 港湾空港部(旧運輸省 第四港湾建設局)では、洞海湾横断部約560mについて沈埋トンネル工法を採用した。自動車専用道路等の大規模な事業で沈埋トンネル工法を採用することは九州で初めてであり、また、限界状態設計法の導入、耐震設計法の変更等「港湾の施設の技術上の基準(以下、港湾の技術基準という。)」の改訂後、初めての設計となった。

2. 限界状態設計法の採用

2.1 基本構造設計

本沈埋トンネルは、港湾の技術基準改訂に伴い、限界状態設計法によって設計される初めての沈埋トンネルとなることから、限界状態設計法の適用に当たり、まず設定すべき基本条件として、当該構造物の施工条件等を考慮した安全係数の取り方と荷重の組み合わせを、既往の指針を調査した上で検討することとした。

また、基本構造設計において考慮すべき限界状態を以下のように設定した。図-1参照

設計方向	検討内容	照査項目	沈埋トンネル部 7000mm径構造	アプローチ部 RC構造	
横断方向	使用限界状態	応力度制限値 $\sigma < 0.4f_{ck}$	●	●	
		曲げひび割れ	—	●	
	終局限界状態	(終局耐力照査)	せん断ひび割れ	—	●
			変形 ^{*)}	●	●
			軸圧縮耐力	●	●
			曲げ耐力	●	●
			既設斜め縦壁	●	●
			せん断耐力	●	●
			せん断伝達耐力 (50kNなど)	○ ^{*)}	—
			応力度制限値 [2017-1、鋼材(鉄筋)]	●	●
使用限界状態	(耐震応力度照査)	曲げ強さ先行型	●	●	
		せん断強さ先行型	●	●	
縦断方向	終局限界状態	(終局耐力照査)	本体の変形・断面耐力および可とう性継手の変形(止水性の照査) ^{*)}	—	—
			応力度制限値 [2017-1、鋼材(鉄筋)]	●	●
			軸圧縮耐力	●	●
			曲げ耐力	●	○ ^{*)}
			せん断耐力	●	○ ^{*)}
			可とう性継手の変形(止水性の照査) ^{*)}	● ^{*)}	●

図-1 設計での照査項目

終局限界状態： 最大荷重に対して構造部材が断面破壊を起こさない状態。

使用限界状態： 設計耐用期間中、使用目的に適合する十分な機能を保持できる状態。

ひびわれ、応力度、変位・変形に対する限界状態

上記、限界状態を沈埋函部、RC構造部に適用し、以下とした。

沈埋函部

終局限界状態は断面破壊(曲げ破壊、軸力破壊、せん断破壊)とする。

沈埋函の場合は鋼殻内にコンクリートを充填するため、使用限界のひび割れに対する照査は必要ないとした。

表-1 コンクリートの圧縮応力度の制限値 (単位: N/mm²)

圧縮強度の特性値	18	24	30	40
圧縮応力度の制限値	10.5	13.5	16.5	21.0

表-2 鉄筋の応力度の制限値 (単位: N/mm²)

鋼種	SR295	SD295	SD345	SD390
応力度の制限値	236	264	294	309

表-3 構造用鋼材の応力度の制限値 (単位: N/mm²)

鋼種	SS400、SM400	SM490	SM490Y	SM570
応力度の制限値	206	279	309	382

キーワード：新若戸道路(仮称)、沈埋トンネル、限界状態設計法

連絡先：国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 TEL 0832-24-4130

ただし、耐久性の確保の点から、コンクリートの圧縮応力度は、応力度の制限値を超えないものとした。
 腐食に対しては、耐用年数 100 年を考慮した腐食対策（電気防食及び腐食しろ）を考慮することで対応する。

R C 構造（ボックスカルバート、U 型擁壁）

終局限界状態は断面破壊（曲げ破壊、軸力破壊、せん断破壊）とする。使用限界状態は、ひび割れ、応力度に対して検討する。

ひび割れや腐食に対しては、臨海部に設置することから環境立地条件を「腐食性環境」と設定し、許容ひび割れ幅を満足する鉄筋かぶり、配筋を検討する。

曲げモーメント及び軸方向力によるコンクリートの圧縮応力度は、ひび割れを避けるために応力度の制限値を超えないものとした。

安全係数については、材料係数、部材係数、構造解析係数、構造物係数について各指針を考慮して設定した。

荷重係数については、沈埋函など地中構造物には、周辺地盤からの土圧及び水圧、地盤反力などの諸荷重が作用すること、これらの荷重は不確定要素の多いことから、荷重の変動幅、荷重状態などを考慮して荷重係数を設定し、構造部材に生じる断面力が最も大きくなるような荷重の組み合わせを考慮して設定した。

なお、表 - 1 から 3 のように各応力度の制限値を設定した。

2.2 耐震検討

「コンクリート標準示方書」等各種基準によると、地震のような偶発荷重に対する検討は、終局限界状態に対して行うこととなっている。このため、本耐震検討に於ける限界状態を終局限界とした。

レベル1地震動： 考慮する終局限界状態 弾性的な挙動の限界状態（応力度制限）

レベル2地震動： 考慮する終局限界状態 断面破壊に対する終局限界状態（曲げ、軸力、腹部斜め破壊、せん断）

安全係数については、主として地震動レベルに応じて設定値が規定されている「コンクリート標準示方書 耐震設計編」を参考に設定した。

荷重係数については、地震時の検討が偶発荷重に対する検討であることから、「コンクリート標準示方書」をはじめとして多くの基準で 1.0 としているため、これに準拠することとして設定した。

なお、本トンネルに於ける限界状態設計法の体系図を図 - 2 に示す。

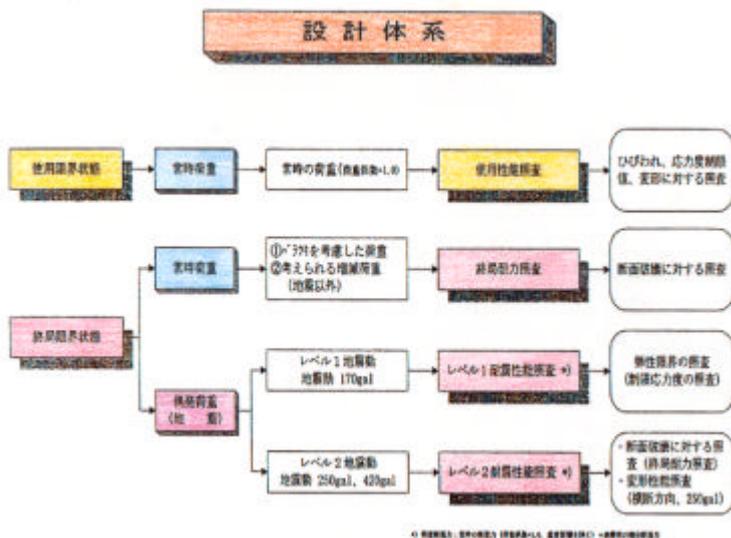


図 - 2 新若戸道路設計体系図

3. おわりに

現在、海上部の土質調査を行っていないことや検討途中段階の項目もあるため、耐震検討等において不十分な点は多々あるが、早期供用に向け各種技術開発、調査・設計に鋭意取り組んでいるところであり、結果の詳細については、改めて次の機会を得たときに行うこととしたい。

これまでの皆様の、港湾整備に対するご支援、ご協力に感謝するとともに今後もより一層のご理解をお願いしたい。