

既設トンネルの覆工コンクリート応力調査

阪神高速道路株式会社 正会員 ○堀岡 良則
阪神高速道路株式会社 正会員 石原 雅晃
大成建設技術株式会社 正会員 大塚 勇

1．概要

供用中の2本の既設トンネルを接続する避難連絡坑を構築する設計の際に、既設トンネルの覆工コンクリート表面に作用する応力を確認するため、コア調査及びオーバーコアリング法による応力調査を行った。想定した設計荷重が載荷した状態では、調査箇所（内空側）は、圧縮状態であるが、計測した結果は、引張応力が作用していた。この原因を明らかにするため、既設トンネルの建設工法、地下水位調査をもとに、解析を行い、検証を行った。本論文は、覆工コンクリートの応力調査とその結果の評価について述べる。

2．調査

本調査の目的は、覆工コンクリートの健全性の確認と覆工コンクリートの応力状態の把握である。調査位置は、図-1に示すように、各連絡坑のスプリングライン付近の2断面において、コア試験（密度、一軸圧縮試験、ヤング係数、ポアソン比）とオーバーコアリングによる応力計測を行った。調査数量を表-1に示す。

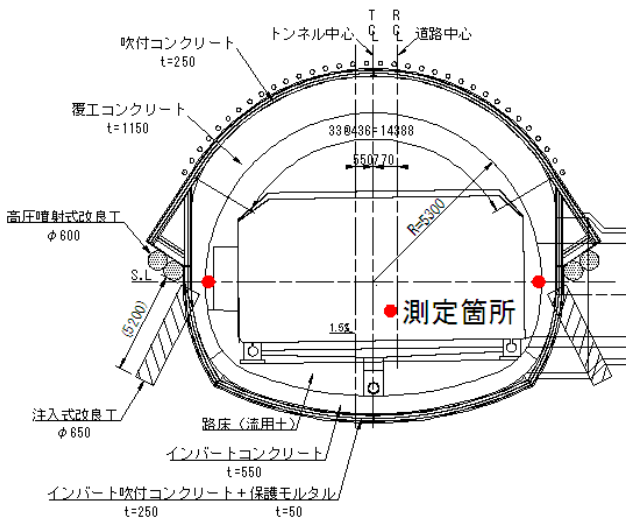


図 - 1 調査位置図（連絡坑 A）

表 - 1 調査数量一覧表

調査内容	連絡坑 A	連絡坑 B
密度 ρ (g/cm ³)	6 試料	6 試料
一軸圧縮強度 σ (N/mm ²)	6 試料	6 試料
ヤング係数 E (N/mm ²)	6 試料	6 試料
ポアソン比 ν	6 試料	6 試料
応力計測 (オーバーコアリング法)	6 箇所	6 箇所

表 - 2 調査結果一覧表

調査内容	連絡坑 A	連絡坑 B	設計値
密度 ρ (g/cm ³)	2.24	2.3	2.35
一軸圧縮強度 σ (N/mm ²)	37.5	41.4	24
ヤング率 E (N/mm ²)	27300	34050	25000
ポアソン比 ν	0.19	0.197	0.2
コンクリート応力 σ (N/mm ²)	-1.36	-1.11	A: 2.69 B: 2.95

表中の記号は、+ : 圧縮応力、- : 引張応力

3．調査結果

(1) コア試験

コア試験の結果を表-2に示す。コア試験結果から、強度、弾性変形性能の指標である一軸圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比のいずれも設計値を満足していた。

(2) 応力計測

オーバーコアリング法によりコンクリート表面（内空側）に作用する応力を計測した。表-2に示すように、連絡坑 A、B それぞれ、1.36N/mm²、1.11N/mm² の引張応力が計測された。しかし、計測した箇所の設計値は、連絡坑 A、B それぞれ、2.69N/mm²、2.95N/mm² の圧縮応力であった。

キーワード 覆工コンクリート、オーバーコアリング、温度応力、自己収縮

連絡先 〒650-0041 神戸市中央区新港町 16-1 阪神高速道路（株）神戸管理部保全管理課 TEL 078-331-98014

4. 検証

(1) 検証ケース

設計では、圧縮応力が作用する箇所に引張応力が作用していた。この原因として、設計とは異なる荷重の載荷、地下水位の低下(建設当時から-7.1m)、コンクリートと地山の温度差から生じる温度応力、コンクリートの自己収縮の影響が考えられた。検証ケースを表-3に示す。Case1シリーズは、設計荷重(自重、土圧、水圧)を載荷し、土圧を全て一次巻きが支持していると想定したCase2シリーズは、覆工コンクリートに自重と観測水位に基づく水圧を載荷して解析を行った。

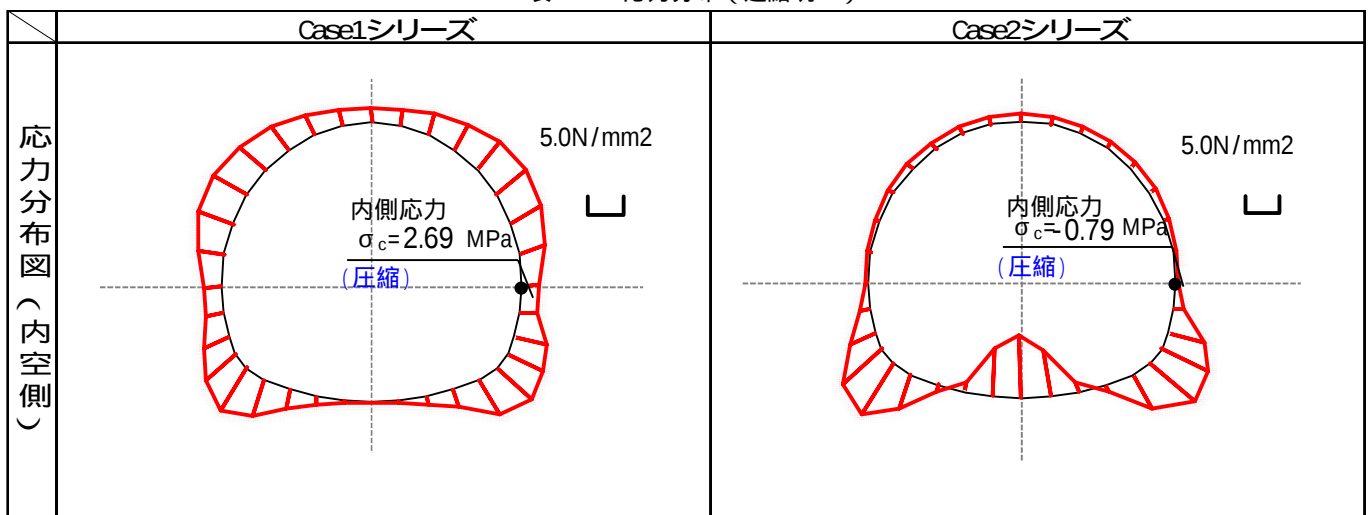
表 - 3 検証ケース

	設計荷重	温度応力	自己収縮
Case1-1	土圧 + 水圧	-	-
Case1-2	土圧 + 水圧	○	-
Case1-3	土圧 + 水圧	○	○
Case2-1	水圧(計測)	-	-
Case2-2	水圧(計測)	○	-
Case2-3	水圧(計測)	○	○

(2) 解析結果

Case1シリーズとCase2シリーズのそれぞれの荷重により、連絡坑Aのコンクリート表面(内空側)に作用する応力状態を表-4に示す。覆工コンクリートに自重と観測水位に基づく水圧を考慮したCase2-1において応力計測箇所には、 0.79N/mm^2 の圧縮応力という解析値であった。

表 - 4 応力分布(連絡坑A)



さらに、温度応力及びコンクリートの自己収縮による引張応力を指針¹⁾により算出した。温度応力のみを考慮したCase1-2、Case2-2、温度応力と自己収縮を考慮したCase1-3、Case2-3の結果を表-5に示す。連絡坑Aでは、Case2-3が 0.89N/mm^2 の引張応力と計測値に近く、連絡坑Bでは、Case2-2が 0.83N/mm^2 の引張応力と計測値に近かった。

表 - 5 解析結果

	連絡坑 A	連絡坑 B
Case1-1	2.69	2.95
Case1-2	1.76	1.79
Case1-3	1.01	0.85
Case2-1	0.79	0.33
Case2-2	-0.14	-0.83
Case2-3	-0.89	-1.77
計測値	-1.36	-1.11

5. 考察

解析結果から、設計で想定していた荷重状態と異なり、覆工コンクリートには水圧は作用しているが、土圧は、作用しておらず、支保工を含む一次巻きが支持していると考えられる。また、覆工コンクリートは、温度応力、自己収縮の影響を受けて引張応力が作用していると考えられる。今後、連絡坑建設工事では、連絡坑建設のための開口部においてコンクリート調査を予定しており、さらに詳細な応力状態の検証を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) マスコンクリートのひび割れ・制御指針 日本コンクリート工学協会 2016