

1995年兵庫県南部地震における大阪南港トンネル可とう性継手の挙動について

運輸省第三港湾建設局 正会員 小島朗史・○正会員 松永康男
同上 浜山晴夫・岡部道正・小泉勝彦

1. はじめに

大阪南港トンネルはその施工半ばにおいて、兵庫県南部地震に見舞われ、設計地震動とほぼ同程度の地震動を受けた。地震後、直ちに被災調査を行ったが、特に問題となる被害は発見できなかった。しかしながら、「鉛直せん断キーのこすれ跡」等の痕跡により、沈埋トンネル可とう性継手の変位量を推定することができた。ここに、その結果を報告すると共に、完成時の地震応答解析結果との比較を行い、大阪南港トンネルの安全性を検証する。

2. 地震時の施工状況

図-1に大阪南港トンネルの概略位置を、図-2標準断面図を、図-3に地震時までの施工状況を示す。図-3に示すように地震時には、6号函まで沈設が完了しており、函底コンクリートは6号函まで、連結ケーブル、二次止水ゴムは5号函まで、水平せん断キーは3号函まで各々施工が完了していた。また、埋戻しについては、5号函までは埋戻しが完了し、6号函は2/3ほどが埋戻された状態にあった。したがって、6号函については、連結ケーブル、水平せん断キーともに未施工であったが、沈設時のガイド(仮受けブラケット 写真-1)は残されていた状態であった。

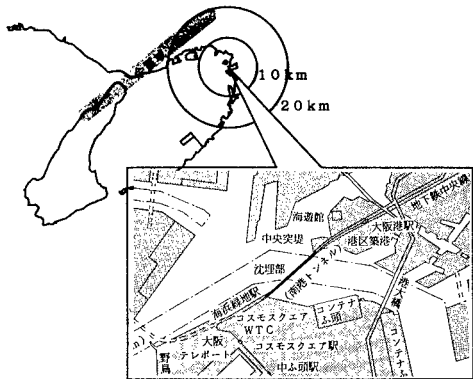


図-1 大阪南港トンネル位置図

余震域は、文献1)による

3. 兵庫県南部地震と設計地震動の比較

表-1に、大阪南港トンネルの設計地震動と今回の地震動との比較を示す。大阪南港トンネルの設計地震動は、海洋型と直下型の2種類を想定しているが、兵庫県南部地震により、内陸型の設計地震動とほぼ同程度の地震動が作用していたものと推定される。

表-1 設計地震と兵庫県南部地震の比較

	設計地震		兵庫県南部地震
	内陸型	海洋型	
マグニチュード	7.25	8.40	7.20
実効距離(km)	13	58	約15
最大加速度(gal)	290	232	266 ¹⁾
	露頭基盤	露頭基盤	大阪市北港地盤条件不明
地震波	エルセントロ波	八戸波	

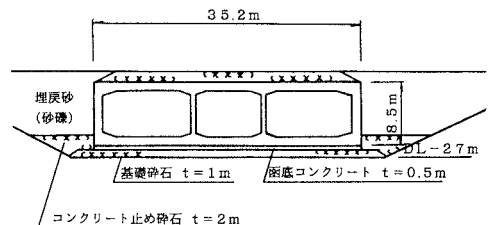


図-2 標準断面図

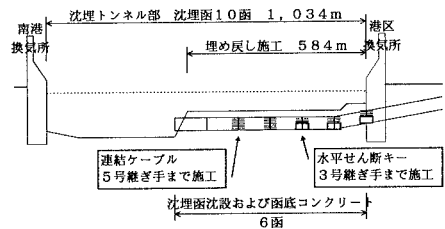


図-3 地震時の施工状況



写真-1 仮受けブラケット

4. 可とう性継手の相対変位量について

大阪南港トンネルの可とう性継手の模式図を図-4に示す。図に示すとおり、継手に対する圧縮に対してはゴムガスケットで、引っ張りに対しては連結ケーブルで、せん断に対しては水平および鉛直せん断キーで各々抵抗する構造となっている。このうち、鉛直せん断キーは、沈埋函沈設時の仮受けブラケットとしても使用するものであり、写真-2に示すように今回の地震によって生じた「鉛直せん断キーの移動によって排除された埃の痕跡」が残っているものが見受けられた。また、水平せん断キーについても、写真-3に示すように「埋め殺し型枠として使用した発砲スチロール板が受けた圧縮ひずみの残留痕跡」が見られた。これらをもとに、兵庫県南部地震における可とう性継手の相対変位量を推定した。

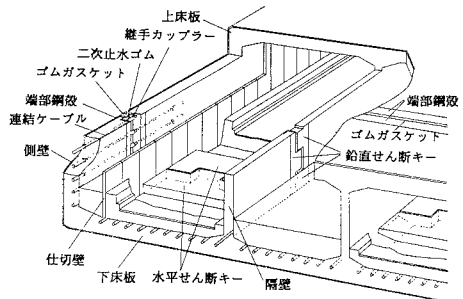


図-4 可とう性継ぎ手

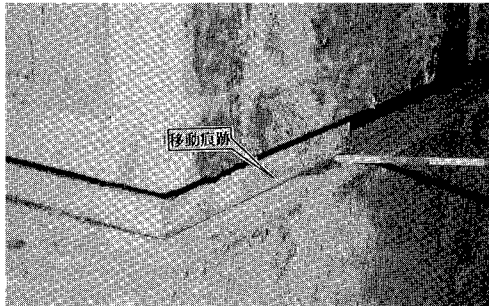


写真-2 鉛直せん断キーに残る移動の痕跡

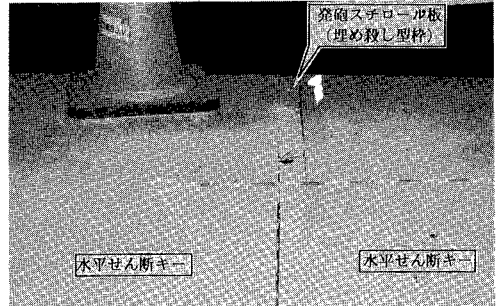


写真-3 水平せん断キーに残る移動の痕跡

上記の2つの痕跡によって推定した可とう性継手の最大相対変位量および相対残留変位量を設計時(完成時)の地震応答計算結果と比較し、表-2に示す。

表-2 可とう性継ぎ手の相対変位量

継手番号	継手位置	軸方向						断面方向						継ぎ手の施工状況			
		圧縮方向		引っ張り方向				水平せん断			せん断キー			連結ケーブル	二次止水ゴム	仮受けブラケット	
		推定最大圧縮量*	地震応答解析結果	残留開き量	推定最大開き量	地震応答解析結果	止水ゴム	連結ケーブル	残留移動量	推定最大移動量	地震応答解析結果	設計値	水平				鉛直
1	橋元側第1号函	12	20	8	27	23	4.6	5.1	3	21	34.8	34.8	施工済		施工済	施工済	
2	1~2号函	(5)	17	5	不明	22	4.8	5.1	2	-	0.7	2.2	施工済	施工済	施工済	施工済	
3	2~3号函	8	16	4	7	22	4.8	5.1	0	5	0.7	2.2	施工済	施工済	施工済	施工済	
4	3~4号函	不明	14	0.6	16	19	4.9	5.1	10	15	0.7	2.2		施工済	施工済	施工済	
5	4~5号函	6	14	0.3	10	19	4.9	5.1	1	12	0.8	2.2			施工済	施工済	
6	5~6号函	不明	14	不明	不明	19	4.9	5.1	8	不明	0.7	2.2					仮設中

* 推定移動量は、地震後の位置を基準とした。
() 内の値は、水平せん断キーの移動痕跡からの推定値であり、最小開きの値を与えるものと考えられる。

5. 考察

- ① 軸方向の相対最大変位量は、ほとんどの継ぎ手において地震応答解析結果を下回っており、トンネル自体に過大な地震時外力が作用した可能性は少ない。1号継手の引っ張り変位量が地震応答解析結果を上回っているものの、残留開き量を加えても止水ゴムの許容引っ張り量を下回っており、トンネルの止水性能は損なわれていなかったものと考えられる。
- ② 1~3号継手の断面方向の残留変位量は小さく、水平せん断キーの効果が表れたものと考えられる。また、3号継手の水平移動量が設計時に想定していたものより大きく、水平せん断キーに設計以上の外力が作用した可能性がある。

6. おわりに

大阪南港トンネルは、施工中、ことに6号函は連結ケーブルも水平せん断キーも施工していない状況であったが、兵庫県南部地震による被害は見られなかった。今回、設計時の計算結果との比較によって安全性の検討を行い、ほぼ設計地震力相当の地震動に対し十分安全であることが確認された。

参考文献 1) (社)土木学会：阪神大震災震害調査緊急報告会資料 1995.2