

多層多径間開削トンネルの構造合理化に関する耐震面での一検討

阪神高速道路(株) 正会員 ○平野 翔也, ハツ元 仁, 中尾 誠希

1. はじめに

阪神高速道路の開削トンネルでは、1層2径間の構造を採用することが一般的であるが、用地幅の制約などによっては、図-1に示す多層多径間構造を用いることも必要となる。鹿嶋らの検討¹⁾では、この多層多径間に関する検討を行っており、通常の設計を行えば中床版における断面力が極めて大きくなり、中床版はもとより、構造全体の部材厚が大きくなることが報告されている。経済性の観点で、この部材厚の大きな構造は避けるべきと考え、同検討の中で、部材厚の低減を目指した構造的な改良に関する検討が行われている。この検討の結果、中床版下に中壁を設置し、底版と中床版下の中壁の接合部をヒンジ構造、中床版と側壁及び中壁の接合部は水平ローラーによる支持構造を採用すれば、構造全体での部材厚が増加せず、経済的な構造にできることが報告されている。一方で、この検討では常時状態のみの検討しか行われておらず、耐震面での構造成立性の確認は行われていない。そのため、提案構造の成立性に関しては十分でない状況にあると言える。

そこで、本検討では、前述の鹿嶋らが提案した経済面で合理化を図った構造が、耐震面を含めても構造が成立するかを検証することを目的とした、耐震検討を実施した。一検討として本稿では、その検討の一部として、レベル2地震動より大きな地震動による耐震検討の結果について示す。

2. 解析概要

2. 1. 解析対象

鹿嶋らが提案した経済性に優れる構造は、右下及び左下空間に中壁を設置、その中壁上端と中床版の接合部は剛結、中壁下端と底版の接合部はメナーゼヒンジの採用によるヒンジ構造、さらに中床版両端は側壁との接合部は水平ローラーによる支持、という一般的な道路開削トンネルでの多層多径間構造とは異なるものになる。しかし、この構造で用いているメナーゼヒンジは、曲げモーメントを多

少なりとも伝達し、そのことに起因する損傷が生じる可能性があること²⁾、メナーゼヒンジに過大な回転角が生じた場合に作用鉛直力とせん断力のバランスが急変し、ヒンジ部周辺でせん断圧縮破壊が生じる可能性があること³⁾、などの課題を有している。これらの課題は、耐震面でも不利に働くことが容易に想像ができるため、本検討では、図-2のような中壁と底版の結合部は剛結構造とするという構造面で改良を加えた。

2. 2. 解析手法

耐震検討として応答震度法による2次元FEM解析を実施した。応答震度法では、別途実施した地盤の地震応答解析で求めた加速度分布を地盤と函体の一体モデル(地盤:2次元非線形ソリッド要素, 函体:2次元骨組み要素)に作用させることで函体の地震時応答を求める。地盤の地震応答解析では、図-3に示す

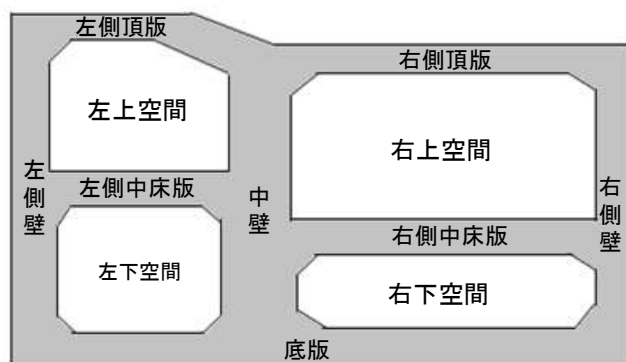


図-1 多層多径間構造のイメージ

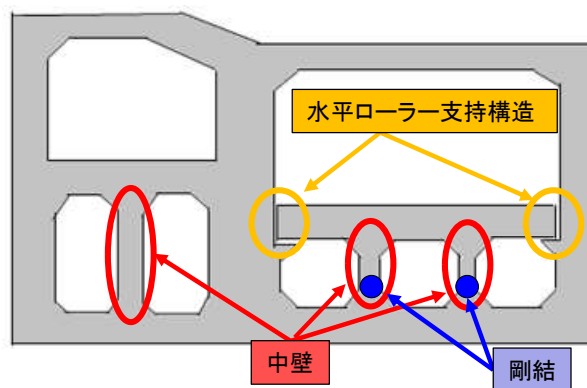


図-2 解析対象断面

キーワード 多層多径間, 開削トンネル, 耐震検討, 構造合理化

連絡先 〒553-0003 大阪府大阪市福島区福島 7-15-26 阪神高速道路(株) 大阪建設部 TEL 06-6136-6654

オリジナル地震動を用いた。なお、本地震動はレベル 2 地震動に比べて加速度応答スペクトルが大きいため、次節で述べる照査における耐震性能は道路橋示方・同解説(平成 24 年) ⁴⁾で示すところの耐震性能 3 としている。

3. 解析結果

左方向に加振した際の曲げモーメント図を図-4 に、図中に示す着目位置での照査結果を表-1 に示す。なお、検討では右方向への加振も行っているが、最大曲げモーメントが発生した左方向加振時を代表として示している。図-4 から右側中床版の接合部で曲げモーメントの伝達を抑え、中床版接続部付近の中壁や側壁、中床版、右下空間内の中壁には大きな断面力が生じないことが確認できた。

加振時の各部材の応力照査を実施した。照査の結果、曲げに対しては常時配筋では塑性化が生じるものの許容曲率塑性率を満足することを確認した。また、せん断に対しては、常時配筋ではせん断耐力を超過するが、せん断補強鉄筋を増強することで照査を満足する。隅角部に関しては、函体全体の四隅において閉じる方向で許容値を超過するため、補強の追加が必要となる。破壊形態については、表-1 に示すように、左下空間に設置する中壁の破壊形態は曲げ破壊型となることを確認した。左右の空間を隔てる中壁と右下空間の中壁の破壊形態はせん断破壊型となるため、曲げ破壊型となるようにせん断補強筋の増強が必要となる。これらの補強を行うことで、今回の入力地震動に対しては、当該構造が十分成立することを明らかにした。

4. まとめ

過去の検討で提案された構造に更なる改良を加えた構造を対象に耐震面での構造成立性について、ある地震動を用いて検証を行った。本検討では、レベル 2 より加速度応答スペクトルが大きなオリジナル地震動に対して、部材厚を増加させることなく、構造が成立することを確認した。

なお、今回は一検討として、ある地震動による検証のみを実施した。レベル 2 地震動より加速度応答スペクトルが大きな地震動で構造成立性確認できたため、耐震面での検討に一定の見とおしを得たが、今後レベル 2 地震動など、その他の地震動に対する構造成立性も引き続き検証を行う。

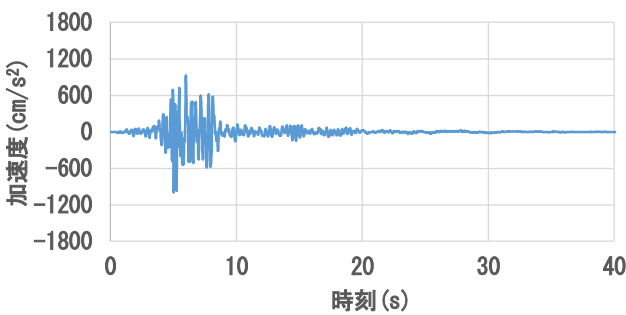


図-3 入力地震動

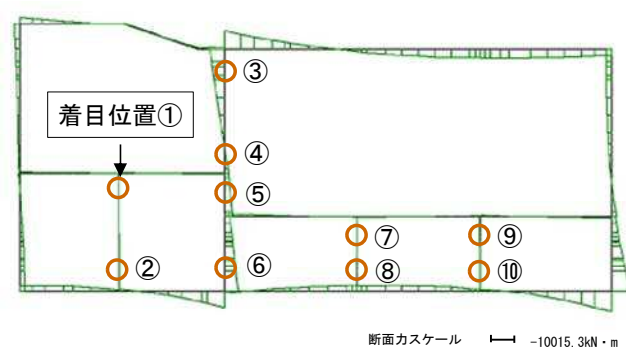


図-4 曲げモーメント図(左方向加振時)

表-1 照査結果一覧

部材名	着目位置	発生曲げモーメント	曲げ耐力	Md/Mu	発生せん断力	せん断耐力	Pd/Ps	破壊形態		補強前の判定	せん断補強鉄筋増強後	
		Md(kN・m)	Mu(kN・m)		Pd(kN)	Ps(kN)		Md/Mu>Pd/Ps	曲げ破壊型	OK	曲げ破壊型	OK
中壁(左下空間)	①	-164.30	-166.10	0.99	86.11	188.58	0.46	Md/Mu>Pd/Ps	曲げ破壊型	OK	曲げ破壊型	OK
	②	168.65	169.20	1.00	77.03	188.58	0.41	Md/Mu>Pd/Ps	曲げ破壊型	OK	曲げ破壊型	OK
中壁(左右の空間を隔てる中壁)	③	-4191.34	-4506.65	0.93	769.66	484.86	1.59	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	④	-1398.78	-4599.37	0.30	823.93	484.86	1.70	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	⑤	167.91	4686.04	0.04	1444.87	484.86	2.98	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	⑥	4608.37	4800.16	0.96	1430.66	484.86	2.95	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
中壁(右下空間)	⑦	-140.62	-572.38	0.25	199.62	299.33	0.67	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	⑧	183.67	572.57	0.32	194.56	299.33	0.65	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	⑨	154.31	572.37	0.27	-233.40	299.33	0.78	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK
	⑩	-212.14	-572.56	0.37	-238.47	299.33	0.80	Md/Mu≧Pd/Ps	せん断破壊型	OUT	曲げ破壊型	OK

参考文献

1) 鹿嶋孔哉，八ツ元仁，前川和彦：多層多径間の開削トンネルを対象とした構造の合理化に関する検討，土木学会第 77 回年次学術講演会講演概要集，III-356，2022.

2) 高原良太，広瀬剛，緒方辰夫，武田篤史：メナーゼヒンジを有する部材の耐震性能，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.2，pp775-780，2017.

3) 日本道路協会：道路橋支承便覧，2018.12

4) 日本道路協会：道路橋示方書 V. 耐震設計編，2012.3