

I - B 377

開削トンネルの耐震性に関する実験的検討

阪神道路公団 正会員○幸左賢二 藤井康男
建設技術研究所 正会員 大野政雄 鈴木直人

1. はじめに

本研究では、開削トンネル隅角部に関する正負交番載荷実験により、隅角部の終局状態挙動について考察し、構造物としての変形性能および補強効果について評価した。

2. 実験概要

表-1に試験体一覧表、図-1に試験体の配筋概要を示す。試験体は、実物開削トンネルの1/4スケールとし、側壁断面幅50cm、底面断面幅70cm、断面せい70cmとした。ハンチ形状は1:1とし、ハンチなし、ハンチ厚0.5t(t:側壁厚さ)、ハンチ厚1.0tの3種類とした。隅角部の補強タイプとしては、パターン1（隅角部内側から外側に向かう補強筋および隅角部外側の補強筋を含む）、パターン2（隅角部内側から外側に向かう補強筋のみ:以下直角補強と呼ぶ）、パターン3（隅角部外側の補強筋のみ:以下水平補強と呼ぶ）、パターン4（補強筋なし）の4種類である。正負交番載荷試験では、正負交番載荷で荷重を徐々に

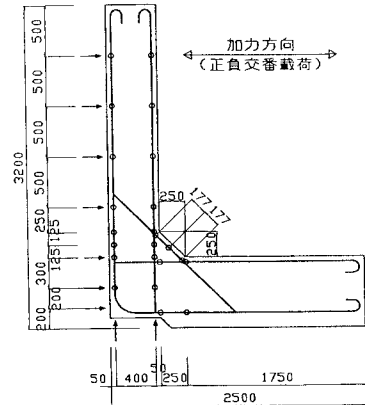


図-1 試験体配筋概要(No. 9)

表-1 試験体一覧表

No	荷重載荷方法	配筋仕様		コンクリート			鉄筋
		ハンチ	パターン	圧縮強度	引張強度	弾性係数	降伏強度
1	曲げ単調載荷	0	4	295	29.0	—	D10: 3710 (1767 μ) D13: 3680 (1752 μ) D19: 4100 (1952 μ)
2	曲げ正負交番載荷	0	3	320	23.5	2.44×10^5	
3	曲げ単調載荷	0.5t	4	295	29.0	—	
4	曲げ正負交番載荷	0.5t	3	331	27.5	2.44×10^5	
5	曲げ単調載荷	1.0t	4	295	29.0	—	
6	曲げ正負交番載荷	0	4	295	22.6	2.05×10^5	
7	曲げ単調載荷	0.5t	4	307	20.5	1.99×10^5	
8	曲げ正負交番載荷	0	2	339	30.0	—	
9	曲げ正負交番載荷	0.5t	4	321	23.0	2.34×10^5	
10	曲げ正負交番載荷	0.5t	2	341	30.8	—	
11	曲げ正負交番載荷	0.5t	1	313	27.5	2.44×10^5	

*1 t: 側壁厚さ

*2 ()内は、降伏ひずみ

3. 耐震性評価例

代表例としてハンチ0.5tの正負交番載荷のNo. 9, 10のひびわれ図を図-2に、荷重-変位関係を図-3に示す。No. 9の補強のない場合負載荷・正載荷とも3 δy をピークに、No. 4の水平補強した場合正載荷で2 δy をピークに荷重が低下している。一方、No. 10の直角補強した場合は、正載荷で3 δy でピークを示しているが、負載荷では5 δy 時点で荷重がピークとなっているが、降伏荷重までは低下しない。また、ひびわれ進展状況をみると、隅角部外側に発生する斜めひびわれは、補強のない

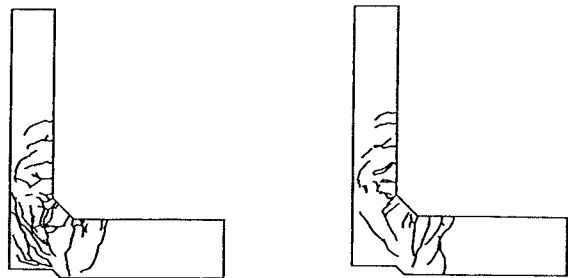


図-2 ひびわれ状況(No. 9, 10負載荷時)

キーワード：じん性・開削トンネル・曲げ耐力・耐震

〒541 大阪市中央区久太郎町4-1-3

TEL 06-252-8121

FAX 06-252-4583

い場合 $3\delta y$ あたりで発生し、 $5\delta y$ では外側全域におよんでいる。同様に、水平補強した場合も $3\delta y$ あたりでひびわれが発生している。一方、直角補強した場合は、ひびわれ発生は $2\delta y$ と他のケースより早くなっているがその後のひびわれ進展はみられず、 $5\delta y$ 時点でも耐力が十分保持されていると推定される。

試験体N0.10の直角方向補強筋をみると、 $7\delta y$ の時点でも 1580μ 程度しかひずみが発生しておらず、まだ降伏に至っていない。以上より、ハンチのある隅角部は補強筋の効果が顕著にあらわれ、補強筋なしの場合 $4\delta y$ から $5\delta y$ の間で終局状態に達しているものと考えられ、隅角部内側から外側への補強をした場合は $5\delta y$ 以上の変形性能を有していると考えられる。次に、N0.10試験体を例にとり実構造物において、このタイプの形状が採用された場合の耐震性能評価を行う。まず、変形じん性率については、実験結果より5程度は確保されている。次に、解析モデルおよび曲率じん性率について検討を行う。

図-4に解析モデルを示すが、実験の固定条件を再現するために隅角部を閉じた方向に載荷した場合と隅角部を開く方向に載荷した場合に分けて設定し、隅角部には剛域を設けている。M- ϕ 関係において、コンクリートの応力-ひずみ曲線には道路橋示方書Ⅲ編を用い終局ひずみ点はコンクリートの圧縮ひずみが0.0035に達する点としている。図-5に解析結果を示す。終局時の解析値は、正載荷で $\delta u/\delta y=4.6$ 、負載荷で3.2となっており実験結果では、 $7\delta y$ の時点でも終局に達してなく、解析はほぼ安全側を示している。また、変位に対する制限値を回転角として規定すると以下のようになる。

正載荷= $113/2600=0.043\text{rad}$

負載荷= $112.7/2600=0.043\text{rad}$

4. まとめ

得られた結果を以下にまとめる。

- 1) ハンチのない隅角部は補強筋の効果があまりなく $3\delta y$ から $4\delta y$ で隅角部が終局状態に達する。
- 2) ハンチのある隅角部は補強筋の効果が顕著にあらわれ、補強筋なしの場合 $4\delta y$ から $5\delta y$ の間で終局状態に達しているものと考えられ、隅角部の内側から外側に補強したN0.10試験体の場合は $5\delta y$ 以上の変形性能を有している。
- 3) N0.10試験体（ハンチあり、直角補強のみ）の変形性能を評価すると、変位じん性率5、部材変形角0.040を有しており、フレームモデルでの解析によって変位じん性を評価しても良いことが明らかとなった。

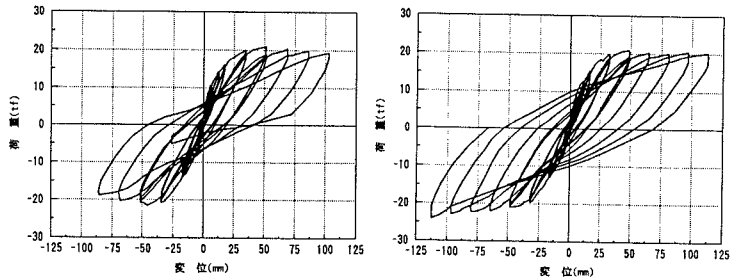


図-3 荷重-変位関係 (No. 9, 10)

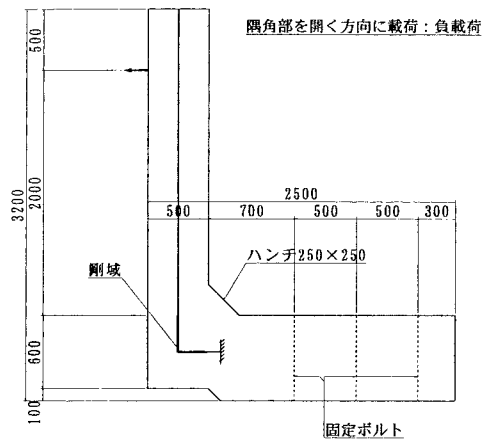


図-4 解析モデル (No. 10)

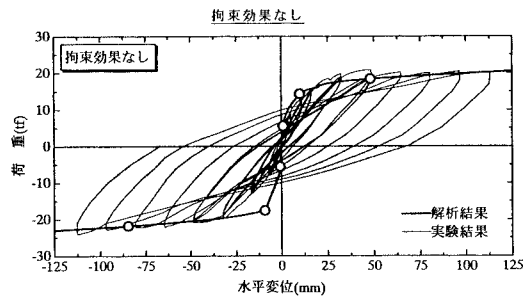


図-5 解析結果