

開削トンネルの側壁部の静的正負交番載荷実験

首都高速道路公団 正会員 田嶋 仁志 正会員 岸田 政彦 正会員 益子 直人
 東京大学大学院 正会員 前川 宏一
 (株)大林組 正会員 大野 了

1. はじめに

首都高速道路公団では現在、新設路線のうち55%がトンネル構造であり、今後もトンネル構造が多く計画されている。そこで、合理的な耐震設計を目指し、せん断耐力の評価（土木学会ディープビーム式¹⁾の適用）せん断補強鉄筋の構造細目の合理化、解析モデルの曲げ特性の精度向上および隅角部補強鉄筋の合理化を目的に実験を行った。本稿では、せん断スパン比の短い場合のせん断耐力を合理的に評価できる土木学会ディープビーム式の適用性および変形性能に着目した変形角等について報告する。

2. 実験概要

表-1および図-1に示すように、せん断補強筋量およびせん断スパン比(H/D)をパラメータとした試験体4体について、静的正負交番繰返し載荷を実施した。なお、頭部水平力の他に、鉛直土圧および自重等に相当する軸力1.0N/mm²を頭部に、側方土圧に相当する水平軸力0.56N/mm²を隅角部にそれぞれ導入し、頭部水平力載荷期間中、一定に保持した。使用した材料の強度を表-2に示す。

3. 実験結果

表-2に実験時の最大荷重の一覧を、図-2に各試験体の荷重～変位曲線を示す。実験では、No.1試験体の隅角部を開く方向に載荷した場合（以下、開く場合と略す。）に、曲げ降伏を確認する前にせん断ひび割れが拡大し、荷重が低下した。その他の試験体では、それぞれ曲げ降伏先行型の破壊形式となった。

表-1 試験体種別

試験体名	せん断補強筋比 Pw(%)	せん断スパン比 H/D	備考
No.1	0.05	2.00	実施工における最小量
No.2	0.15		ディープビーム式における必要鉄筋量
No.3	0.05	1.36	実施工における最小量
No.4	0.23	2.00	道示式における必要鉄筋量

4. せん断耐力式の適用性および変形角の検討

図-3に土木学会ディープビーム式（部材係数1.0）と実験値との比較を示す。なお、図中の実験時最大耐力は、No.1試験体の開く場合ではせん断耐力と考えられるが、その他の場合は、曲げ降伏が先行したことからせん断耐力は、実験時最大耐力よりも高いとして考察する。この図から曲げ降伏先行型の試験体の実験時最大耐力は、ディープビーム式よりも小さく、実験時にせん断破壊したNo.1試験体の開く場合も、ほぼ実験値と対応している。

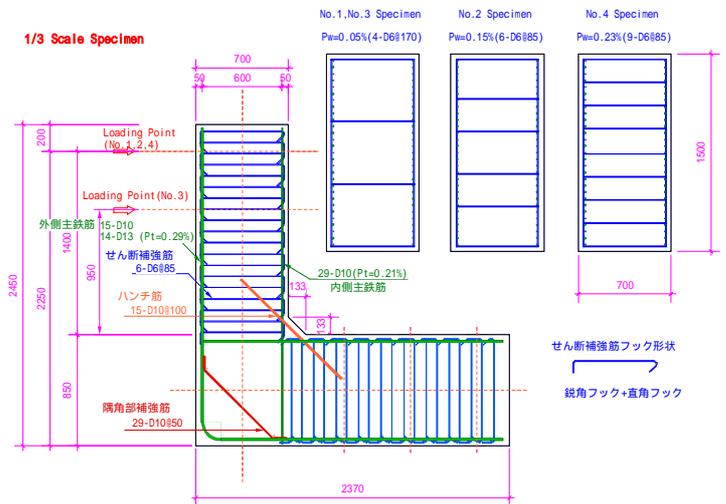


図-1 試験体形状

しかし、図-4に示すひび割れ状況の例（No.1試験体）のように、実験時の破壊状況を考慮した場合、開く場合に圧縮ストラットを形成すべき支持機構が不明瞭なため、せん断ひび割れが隅角部まで入り込むこと、コンクリートの剥落や主筋の座屈が隅角部内の

表-2 材料試験および実験結果一覧

試験体名	コンクリート強度		鉄筋強度		実験時最大荷重(kN)	
	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁴ N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ N/mm ²)	閉じる場合	開く場合
No.1	33.4	2.58	D6 : 365	D6 : 2.00	855.3	703.7
No.2	33.3	2.67	D10 : 368	D10 : 1.90	864.6	743.0
No.3	29.9	2.51	D13 : 347	D13 : 1.90	1324.1	1046.5
No.4	28.5	2.48			852.8	744.9

キーワード 開削トンネル，正負交番載荷実験，せん断耐力

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1 首都高速道路公団 工務部設計技術課 TEL.03-3539-9464

領域まで達したことから、せん断耐力式におけるせん断スパンの設定を補正する必要があると考えられる。そこで、開く場合には、せん断スパンを式(1)および(2)により補正することとした²⁾。ただし、補正後のせん断スパン比が2.5以上となる場合には土木学会棒部材式¹⁾を適用する。図-5に提案するせん断耐力式と実験値との比較を示す。図-5から、No.3試験体の開く場合に若干整合が悪いものの、FEM解析により追加検討した結果等を踏まえると安全側であると考えた。

$$a' = L + L' \quad \dots\dots (1)$$

$$L' = \text{Min}(t_{cc}/2, d) \quad \dots\dots (2)$$

a' : 補正後のせん断スパン(mm)

L : 載荷位置から底版上端までの距離(mm)

L' : せん断スパンの補正長さ(mm)

t_{cc} : 底版の部材厚(mm)

d : 側壁の有効高さ(mm)

また、せん断補強筋が少ないNo.2試験体でも変形角 1/50 程度は確保できた。

5. おわりに

開削トンネルの外周部材のせん断耐力を実験的検討によりディーブーム式により適切に評価することができた。また、実験でせん断破壊しなかった場合には、1/100 ~ 1/50 程度の変形角を確保できた。今後は、首都高速道路公団内の設計要領の見直しを図り、より合理的な開削トンネルの構築に役立てたい。

参考文献

- 1) 2002年制定
コンクリート
標準示方書 平成
14年3月
(社)土木学会
- 2) 道路橋示方
書・同解説 下
部構造編 平成
14年3月 (社)
日本道路協会

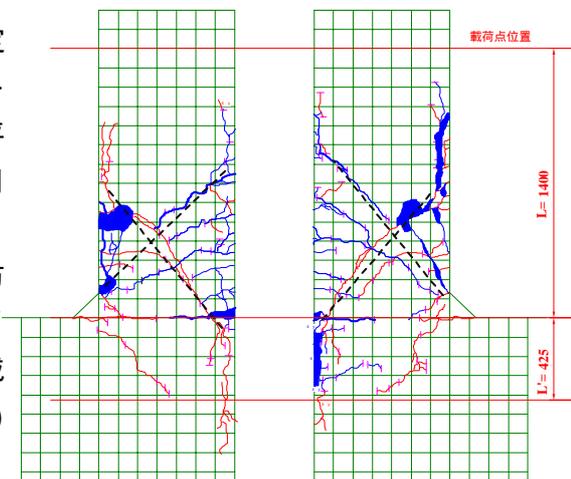


図-4 ひび割れ状況 (No.1 試験体)

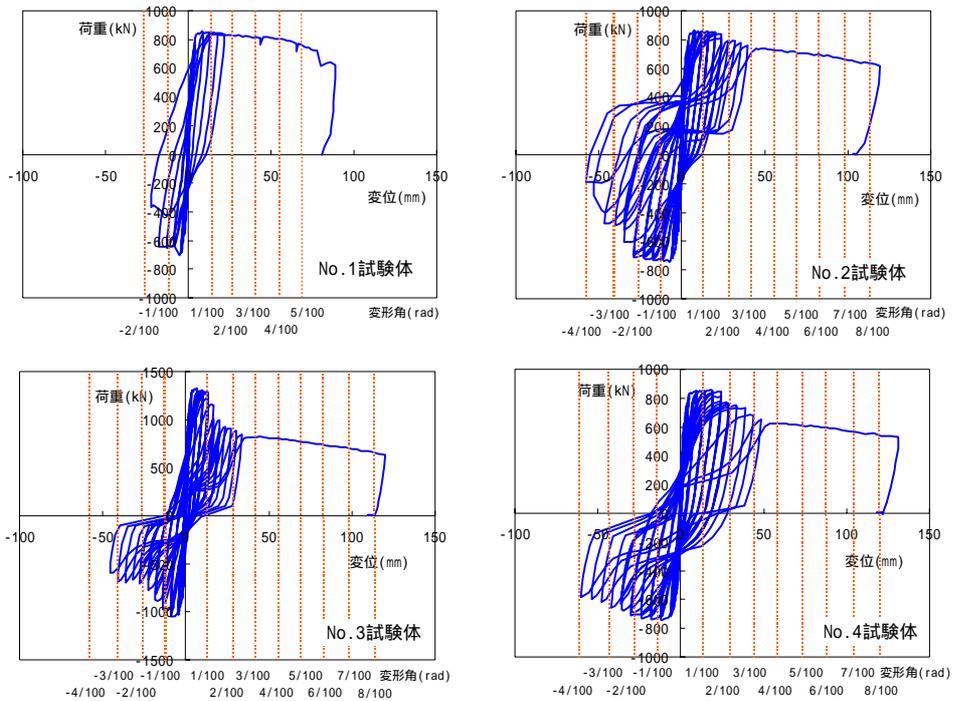


図-2 荷重～変位関係

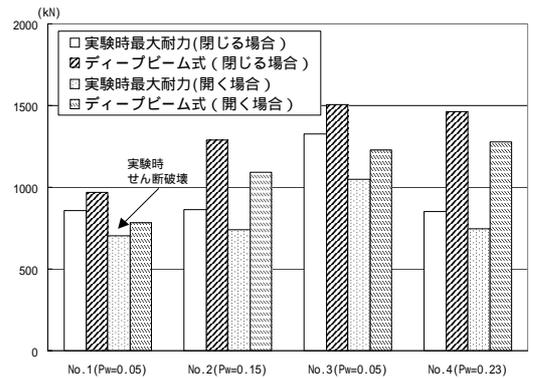


図-3 ディーブーム式によるせん断耐力の比較

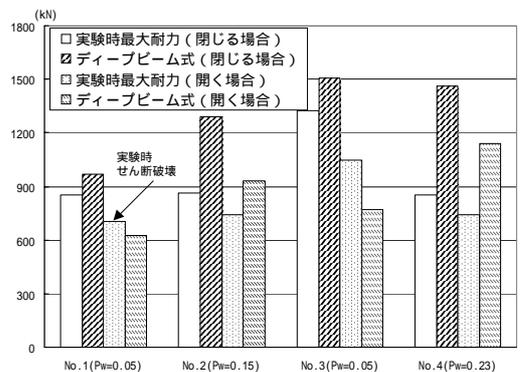


図-5 提案するせん断耐力式によるせん断耐力の比較