

プレキャストセグメント構造沈埋トンネルの地震応答解析

鹿島 土木設計本部

正会員 ○大野 晋也

正会員 太鼓地 敏夫

鹿島 情報システム部

正会員 桑原 泰之

早稲田大学理工学部

フェロー会員

清宮 理

運輸省港湾技術研究所 正会員 横田 弘

1. はじめに

プレキャストセグメント構造沈埋函は、矩形セグメントを長手方向に連結してP C鋼材で一体化した構造の沈埋函である。工費低減・工期短縮が期待できる構造形式として海外において施工実績が増えているが、国内の実績はほとんどない。今回、地震国である我が国での適用性を検討する目的で、本構造沈埋トンネルの縦断方向の地震応答解析を行ったので報告する。

2. 地震応答解析

今回、沈埋トンネルは比較的軟弱な表層地盤で構成されている港湾区域に設置すると仮定する。表層地盤の二次元動的F E M解析により求めたトンネル位置での地盤応答変位波形を、構造物をモデル化したフレームモデル(図-1)に地盤ばねを介して入力し、トンネル全体系の非線形時刻歴応答解析を行う。函体コンクリートはファイバー要素¹⁾を用いた梁部材、P C鋼材は軸力のみを受け持つ線形の弦部材とする。コンクリートの応力 - ひずみ関係は、コンクリート標準示方書に示される非線形性(図-2)を考慮する。セグメント間の目開きは、函体コンクリートに発生する引張ひずみに相当する変形が、セグメント間継手に集中して生じると考えて下式により評価する。

$$\delta = \varepsilon \times l \quad (\delta: \text{目開き量}, \varepsilon: \text{セグメント間に生じる引張ひずみ}, l: \text{セグメント長})$$

入力地震としてレベル1(八戸波)とレベル2(上町断層モデルに基づく合成波²⁾)の地震動を考える。図-3に入力した地震動の加速度波形を示す。コンクリートの設計基準強度は40 N/mm²で、函軸方向にSWPR7B 12 φ 15.2のP Cケーブルを配置し、導入プレストレス力300,000kN程度としている。

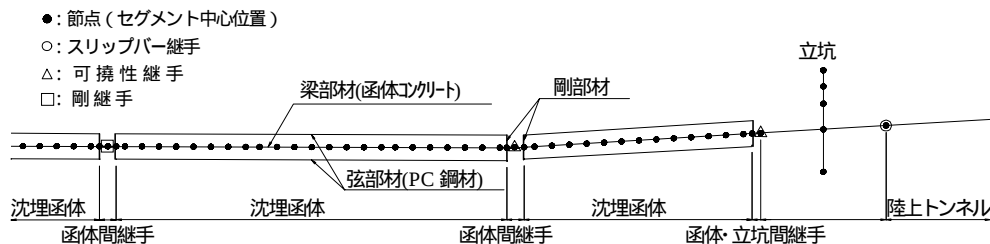


図-1 フレーム解析モデル

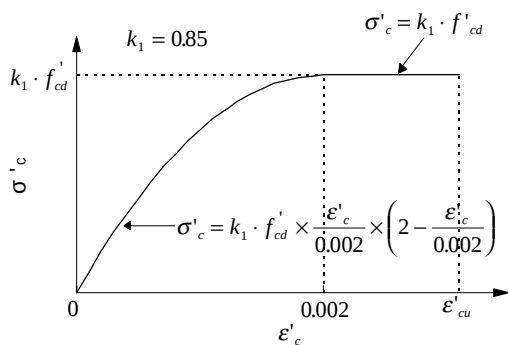
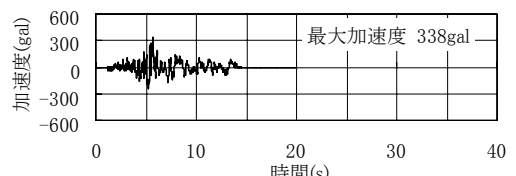
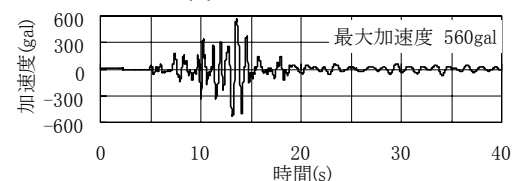


図-2 応力 - ひずみ関係



(a) レベル1(八戸波)



(b) レベル2(上町断層モデル)

図-3 入力地震動

キーワード：沈埋トンネル，プレキャストセグメント構造，耐震設計，非線形解析，レベル2地震

連絡先：住所 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 Tel 03-5561-2196 Fax 03-5561-2152

3．解析結果

解析はP C鋼材とコンクリートの付着の無いアンボンドタイプと付着を考慮したボンドタイプについて行った。アンボンドタイプの解析結果より、軸方向加振・軸直角方向加振ともにレベル2地震に比べてレベル1地震の方が構造物に与える影響が大きいことがわかる。これは、基盤からの地盤変形量はレベル2の方が大きい、トンネル位置での各相対変形量はレベル1の方が大きいためである。ボンドタイプの解析はレベル1地震に対してのみ行った。

図-4にセグメント継手間に生じる最大ひずみ分布を示す。プレストレスを与えることによりひずみが圧縮側にシフトし引張りひずみが生じる区間が減少することから、本構造形式が非常に有効であるといえる。付着の有無について比較すると、アンボンドタイプは目開きが集中するが、ボンドタイプは目開きが分散することがわかる。施工性を考慮すると、外力の影響が大きい区間にはボンドタイプを適用し、アンボンドタイプと併用することが合理的であると考えられる。表-1にセグメント間継手に対する耐震性の照査結果を示す。

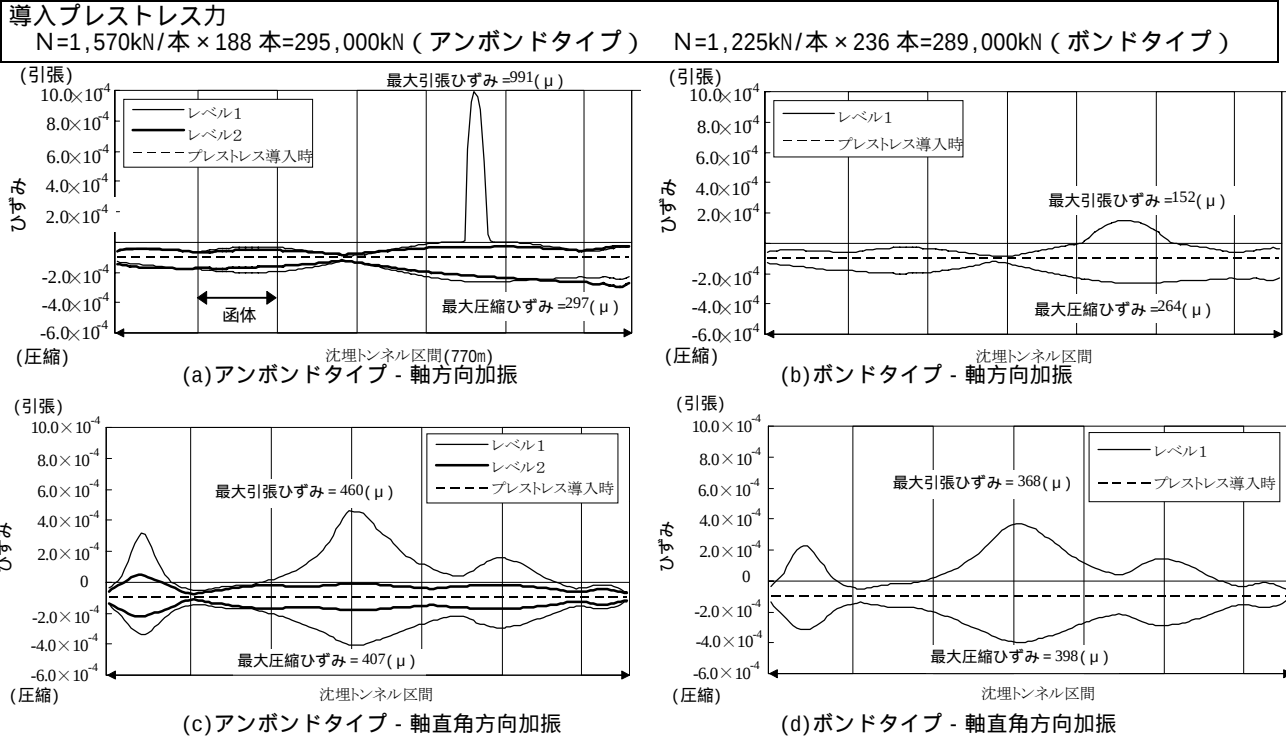


図-4 最大ひずみ分布

表-1 地震時のセグメント間継手の照査結果 (() 内の値は、レベル2地震時の値を示す。)

	軸方向加振		軸直角方向加振		許容値
	アンボンドタイプ	ボンドタイプ	アンボンドタイプ	ボンドタイプ	
コンクリート応力度 σ_c (N/mm ²)	8.0 (9.0)	8.0	12.3 (6.7)	12.0	21 (21)
PC 鋼材引張力 P (N/本)	1,657 (1,588)	1,453	1,687 (1,591)	1,774	2,192 (2,660)
目開き量 δ (mm)	4.8 (0.0)	0.7	2.2 (0.2)	1.7	5.0 (5.0)

4．まとめ

プレキャストセグメント構造沈埋トンネルの地震応答解析を実施し、耐力及び止水性ともに安全性を確保できることを確認した。現在、継手構造の耐力及び止水性について実証実験を行っており、順次報告したい。なお、本研究は鹿島、早稲田大学及び運輸省港湾技術研究所の共同研究として実施したものである。

参考文献 1) 沖見芳秀他, 複合非線形フレーム解析システムの開発, 土木学会誌 技術最前線, Vol. 80, pp14-17, 1995.1
2) 大阪市, 土木構造物の耐震性向上の指針 解説編, 平成 9 年 3 月