

V-348

スラブに埋め込まれたプレキャストSRC切梁の
軸力解放実験とシミュレーション

首都高速道路公団 正会員 柄川 伸一
首都高速道路公団 正会員 谷 雅史
川崎航路トンネル作業所 正会員 山本 正治
大成建設（株） 正会員 大友 健
○大成建設（株） 正会員 中村 泰介

1. はじめに

川崎航路トンネル浮島立坑では工期短縮の目的から切梁段数を減らし、高耐力のプレキャストSRC切梁を用いて掘削を行った。最終的にはプレキャストSRC切梁は本体構造の一部として用いられるが、このうちB2切梁は軸力が作用した状態でスラブに埋め込まれ、その後軸力が解放される。従って、スラブには引張応力が発生しその安全性の検討を実験及び解析により行った。本報はこのうち実験及び実験シミュレーションの概要を示すものである。

2. 実験

2.1 軸力解放実験

試験体は実構造物の1/5とし図-1に示す。また、実験パラメータを表-1に示す。また、試験体の材料特性を表-2に示す。CASE-1を基本モデルとし、CASE-2は軸力解放を行うSRC切梁と直交して剛結されたSRC切梁（横梁）の効果を考慮し同等の曲げ剛性を持つH型鋼を接合したものであり、CASE-3は導入軸力を1.4倍としたものである。あらかじめSRC切梁に埋め込まれたPC鋼棒により切梁に軸力を導入しておき、スラブ打設後、PC鋼棒の緊張力を解放することにより軸力解放を表現した。導入軸力は実構造物と応力レベルが等しくなるように作用させた。試験体の歪の計測位置を図-2に示す。

実験の結果、CASE-2,3の内部ひびわれ発生状況を図-3に、断面内歪分布を図-4に示す。CASE-1,3の内部ひびわれは、シェアカッターがスラブに対して支圧力を与える面に沿って発生している。しかし、CASE-2では横梁の隅角部からの斜めひびわれが観察され、応力集中が軸力解放方向に起きたことを示している。また、歪分布図から解放端に近い断面ではスラブ中央部に歪が集中しているが、埋め込み深さが増すにつれて歪は均等になる。

2.2 付着実験

切梁の下面及び側面にはスラブとの付着性能を向上させるため、シェアカッターが設けられている。そこで、この付着特性を調べるため押し抜きによる付着実験を行った。付着試験体は軸力解放試験体の30cmを切り出したものであり、図-5に荷重方法を示す。

付着応力-すべり曲線の結果を図-6に示す。すべり量が0.3mm程度までは弾性的に挙動

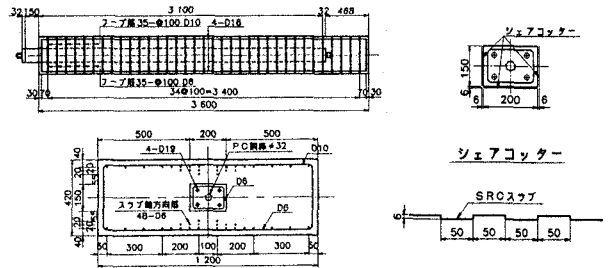


図-1 軸力解放試験体

	CASE-1	CASE-2	CASE-3
①導入軸力	50.93	49.70	69.73
②横梁の拘束	なし	あり	なし

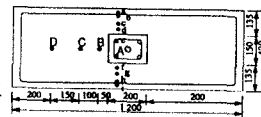


図-2 計測位置

表-2 試験体材料特性

SRC切梁	コンクリート圧縮強度 f_{cu} (kgf/cm ²)	791
	コンクリートヤング係数 E_m (kgf/cm ²)	3.78×10^4
PC鋼棒	コンクリート圧縮強度 f_{cu} (kgf/cm ²)	325
	コンクリート引張強度 f_t (kgf/cm ²)	25.7
鉄筋		SD345

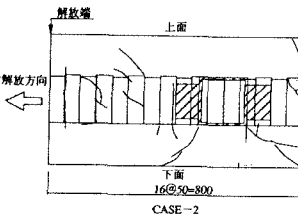


図-3 内部ひび割れ状況

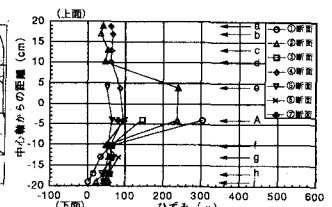


図-4 断面内歪み分布

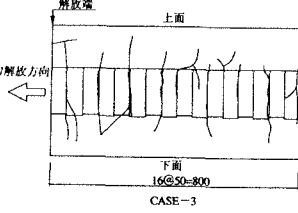


図-3 内部ひび割れ状況

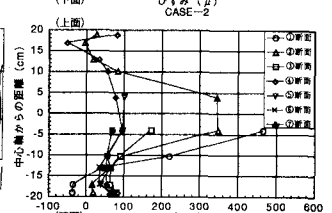


図-4 断面内歪み分布

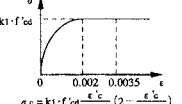
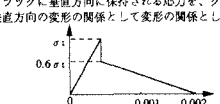
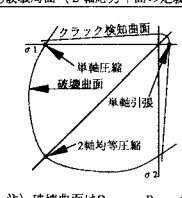
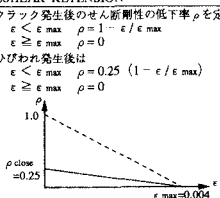
するが、その後はすべり量のみが増大する。

3. 実験シミュレーション

シミュレーションに用いた解析モデルを図-7に示す。SRC切梁はビーム要素、スラブを積層シェル要素とし、シェル要素内には鉄筋を薄い層としてモデル化した。SRC切梁とスラブの付着は実験によって得られた非線形特性(図-6)を持つバネ要素としてモデル化した。解析手順はSRC切梁の端部を拘束して初期応力を設定し、その拘束を解放した。また、コンクリート及び鉄筋の応力-歪曲線その他の材料条件は「コンクリート標準示方書」(土木学会)に従い設定した。さらに、テンションステイフニング及びシェアーリテンションのコンクリートの材料特性も考慮した。なお、2軸応力下の破壊局面としてDrucker-Pragerの破壊局面を用いた。

切梁及びスラブの歪分布のシミュレーション結果を図-8に示す。図-8より、実験結果に多少のばらつきはあるがよくシミュレートできたと考えられる。ひびわれ発生範囲は解放端部から約2mであり、実験結果とほぼ一致した。

以上の結果から、付着特性及び解析モデルが妥当であると考え、同様に実構造物モデルに拡張した予測解析結果から配筋を決定した。

表-3 コンクリートの材料特性	
①一軸圧縮応力-歪み関係  $\sigma = k_1 \cdot f_{cd} \cdot \epsilon$ $\sigma = k_1 \cdot f_{cd} \cdot \epsilon \cdot (2 - \frac{\epsilon}{\epsilon_c})$	②TENSION STIFFENING²⁾ クラックに垂直方向に保持される応力を、クラックの垂直方向の変形の関係として変形の関係として定義  $\sigma_c = 0.6 \sigma_t$
③破壊局面(2軸応力平面の定義)  注) 破壊局面はDrucker-Prager型	④SHEAR RETENTION³⁾ クラック発生後のせん断耐力の低下率 ρ を定義 $\epsilon < \epsilon_{max}$ $\rho = 1 - \epsilon / \epsilon_{max}$ $\epsilon \geq \epsilon_{max}$ $\rho = 0$ ひびわれ発生後は $\epsilon < \epsilon_{max}$ $\rho = 0.25 (1 - \epsilon / \epsilon_{max})$ $\epsilon \geq \epsilon_{max}$ $\rho = 0$  $\rho_{close} = 0.25$ $\epsilon_{max} = 0.004$

4. まとめ

- (1) スラブと切梁のシェアカッターの付着特性は、完全弾塑的挙動を示し弾性限界すべり量は0.3mm程度である。
- (2) コンクリートや鉄筋の材料非線形性およびコンクリートの破壊特性ならびにSRC切梁とスラブ間の非線形付着特性を考慮した解析により実験をシミュレートすることができた。
- (3) 従って、各部の挙動については解析的に検討可能であることがわかった。

(参考文献): 1) 久保田 他; "プレキャストSRC切梁を用いた大規模山留めの設計", 第48回 年次学術講演会
 2) Hinton E, Owen d.r.j.; "Finite Element Software for plates and shell", Pinerridg Press, Swansea, U.K., 1984
 3) Cedlin L, Deipoli S; "Finite Element Studies of shear-critical R/C beams", ASCE journal of the Engineering Mechanics Division, Vol.103, No.EM3(1977), pp395-410

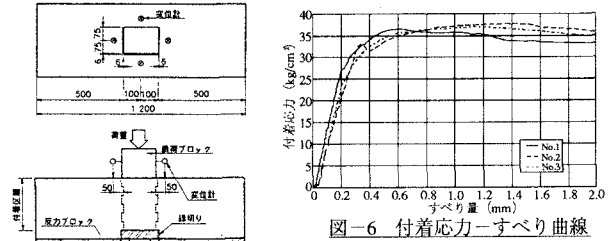


図-5 付着実験荷重装置

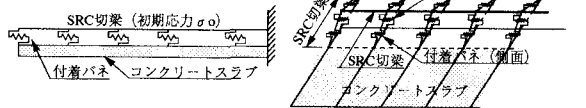


図-7 解析モデル

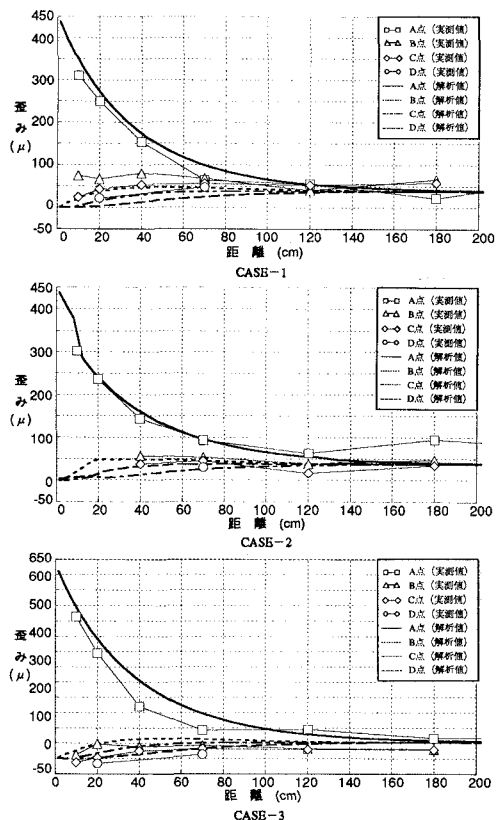


図-8 歪分布シミュレーション結果