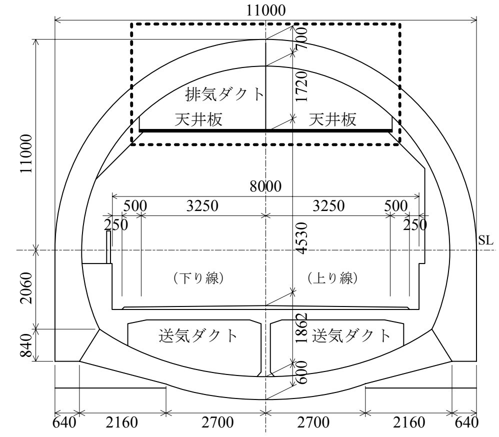
# 関門トンネルPC天井版の健全度に関する調査

九州工業大学　学生会員　○瀬良　洋夢　　九州工業大学　正会員　幸左　賢二
大日本コンサルタント（株）　正会員　清水　英樹　　西日本高速道路株式会社　正会員　福永　靖雄

## 1. はじめに

関門トンネルは昭和32年に本州と九州を結ぶ海底トンネルとして建設された．連絡トンネルのため自動車の交通量が多く，また，海底トンネルとしての特殊性からPC天井板の老朽化・損傷がみられるため，定期的に調査・補修工事が行われており，昭和55年に耐荷力試験による調査が行われ，この時点では天井板の有効プレストレスは初期緊張力の85%であった．

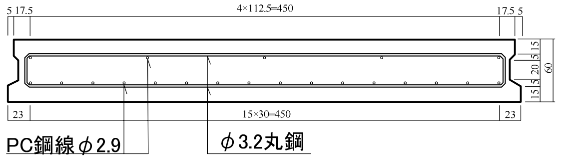
そこで本研究では，今年新たに行った載荷試験により，俊工から53年経過したPC天井板の耐荷性能について評価し, また, PC構造物にとって重要な要素である有効プレストレスを載荷試験より推定した．




図－1　関門トンネル断面図

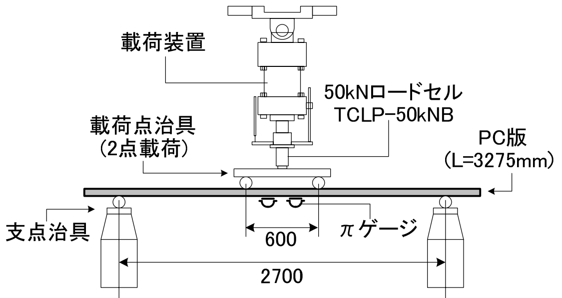
## 2. 実験概要

図-2 に供試体断面図を示す．供試体は実際に関門トンネルに使用されていた両端単純支承版，プレテンション方式の天井板で寸法は幅495mm×長さ3275mm×厚さ60mmとなっている．PC鋼線は上面側5本，下面側16本の計21本，偏心量は実測値でNo.1供試体が断面中心より上面側11.31mm，下面側12.63mmとなっており，No.2供試体では上面側11.34mm，下面側12.71mmとなっている．帯鉄筋はφ3.2mmの丸鋼を22本使用している．また，材料諸元はコンクリートの圧縮強度61.5N/mm$^2$，PC鋼線は降伏強度は1617N/mm$^2$，引張り強度は1911N/mm$^2$であり初期緊張力1370N/mm$^2$として設計されている．




図－2　PC天井板断面図

載荷方法を図-3 に示す．天井板を支点間距離2700mmの支点治具の上に乗せた状態で幅600mmの2点載荷を行った．載荷は鉛直方向にジャッキによる変位制御の一方向繰返し載荷とした．また載荷試験による有効プレストレス測定のために初期ひび割れが発生した箇所にπゲージを貼り付け，再ひび割れ荷重を測定している．




図－3　載荷状況図

有効プレストレスの推定法は，コンクリートコアを抜きそのひずみから推定する応力開放法，PC鋼線を切断した際のひずみを計測する鉄筋切断法，載荷によるひび割れ荷重から求める方法が考案されているが，今回は載荷によるひび割れ荷重から推定する方法を用いた．

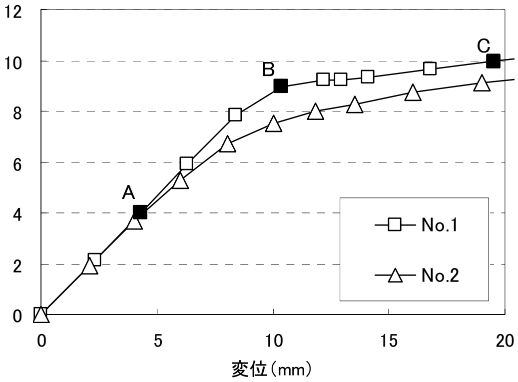



図 - 4　荷重 - 変位関係（天井版中央）

## 3. 曲げ実験及び有効プレストレス測定結果

曲げ試験より得られた荷重と鉛直変位の関係を図-4 に示す．

キーワード　PC，天井板，有効プレストレス，
連絡先　〒804-8550　福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1　九州工業大学 建設社会工学科　TEL　093-884-3123

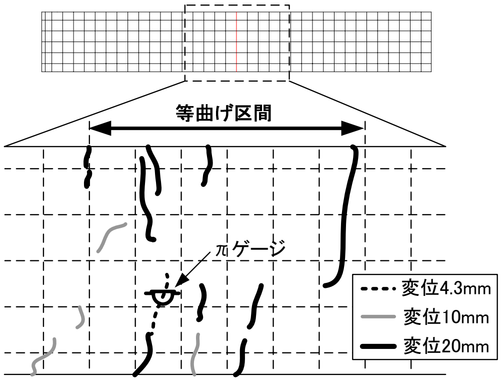
ここでは荷重はロードセルにより，鉛直変位は天井板中央直下の変位計で計測されている．破壊形式としてはどちらの供試体でも最初に天井板中央の下面でひび割れが確認された．初期亀裂荷重はNo.1供試体では9.2kN，No.2供試体では8.0kNで目視確認され，いずれもこの時点で剛性が変化しており．その後は緩やかに荷重が増加する曲げ破壊の挙動を示した．

図-5にNo.1供試体下面のひび割れ損傷図を示す．ひび割れは中央部800mmの範囲のみに発生しており，図はその部分を拡大している．9.2kN で確認された初期ひび割れは変位 4.3mm（4.0kN）を越えたあたりで再ひび割れとして確認された．その後変位が 10mm になると新たにひび割れが数本入り，変位が20mmでも同様に軸方向に直角にひび割れが発生していた．このことから，天井板は典型的な曲げ破壊であると考えられる．

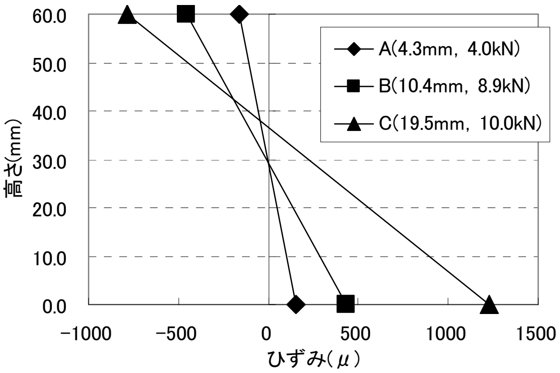
図-6に供試体No.1の天井版中央部のひずみ分布を示す．ひずみはコンクリート上下面にひずみゲージを貼り付けて計測している．荷重‐変位関係より弾性域と考えられる鉛直変位 4.3mmの時点では上面で-163μ, 下面で150μのひずみが発生しており中立軸もほぼ断面中央に位置する．その後，載荷が進行し塑性域に入ると下面のひずみ進展が上面よりも大きくなり，これに伴い中立軸も上面側に移動している．

図-7にNo.1供試体の有効プレストレス測定のためのπゲージの荷重‐変位関係を示す．ここでの図は鉛直下方向に載荷した際の2～4δyのπゲージ変位を平均してプロットしている．再ひび割れ荷重は初期接線と勾配が変化した後の近似線との交点とし，No.1供試体では4.5kNとなった．この再ひび割れ荷重を活荷重とし天井板下面に作用する応力を算出し，これを死荷重による応力σdとした．また，天井板の自重による応力をσtとした．σdとσtの和がプレストレスによる天井板下面の応力と等しいとして有効プレストレスを算定した．

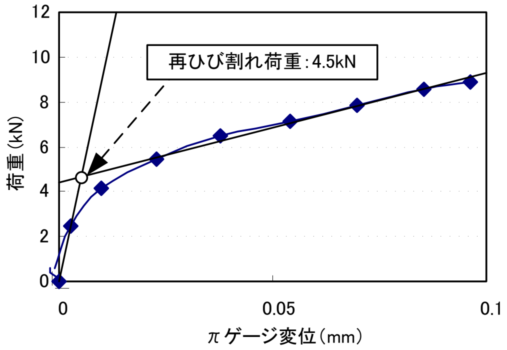
図-8に再ひび割れ発生荷重より有効プレストレスを求める際の考え方の模式図を示す．ここでの算定では天井版の自重によって版下面に働く応力と再ひび割れ荷重による応力を足し合わせたものがプレストレスによって作用する版下面の応力に等しいとして計算している．No.1 供試体では有効プレストレスは1250N/mm$^2$となりこれは設計値1372N/mm$^2$の91%に相当する．



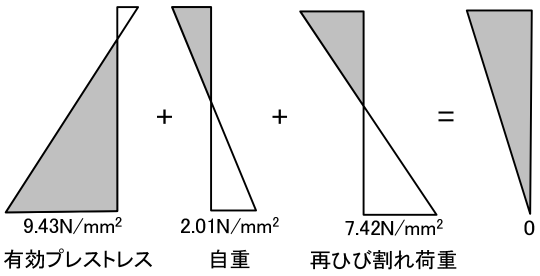

図－5　ひび割れ損傷図




図‐6　中央部ひずみ分布




図‐7　荷重-πゲージ変位関係




図‐8　天井板断面の応力状態

また同様にNo.2供試体では1294N/mm$^2$となりこれは設計値の94%に相当しており，やや減少しているが概ね初期緊張力と同程度となった．天井板は施工されてから53年経っており，既往の文献より有効プレストレスが減少することは想定の範囲内であると考えられる．

## 5. まとめ

1)有効プレストレスは初期緊張力に対しNo.1供試体で91%，No.2供試体で94%となった．

2)今回推定した有効プレストレスは昭和55年度実験結果の85%と比較するとやや大きいが，概ね初期緊張力と同等の値が出ており，健全な状態であると考えられる．