

V-412

地震によって倒壊した橋脚のコンクリートの破壊性状とアルカリ骨材反応

千葉工業大学 正会員 小林一輔

1. はしがき

写真-1は、去る1月17日の阪神大震災によって倒壊した阪神高速道路神戸線の高架橋橋脚のコンクリートの破壊状態を示したものであるが、縦筋の内側のコンクリートが整然とサイコロ状に分割された状態で破壊されている点が注目を引いた。本文は、このような異様な破壊が、橋脚のコンクリートに進行していたアルカリ骨材反応(AAR)による膨張とその拘束によって生じた弾性圧縮歪の地震による急激な解放に起因することを指摘したものである。

2. アルカリ骨材反応を生じた橋脚のコンクリートに発生するひびわれ性状

一般に、コンクリート構造物にアルカリ骨材反応が進行するとコンクリートは膨張するが、橋脚内部のコンクリートのように周辺が鉄筋が存在し、上部からは載荷重を受けている場合には膨張がこれらによって拘束される結果、図-1(a)に示すように内部のコンクリートは三軸圧縮状態になっている。帯鉄筋によって十分に拘束されていない表層部のコンクリートは、図-1(b)に示すように、アルカリ骨材反応の進行に伴って膨張の拘束の大きい鉛直方向にひび割れを生じることになる。しかし、何らかの原因、例えば、地震の上下動などにより載荷重が急速に除去されると同時に鉄筋の拘束力が減少した場合には、図-2に示すように、荷重方向と直角方向一橋脚では水平方向一層状のひび割れが発生する。

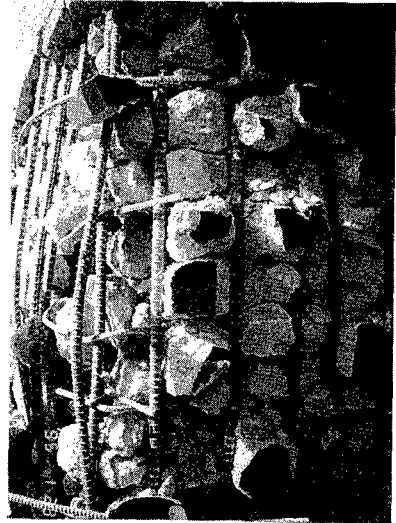
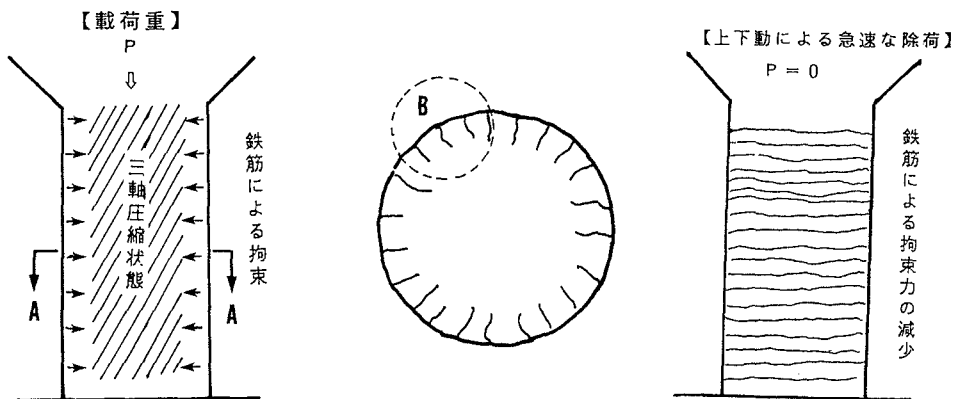


写真-1 倒壊した橋脚のコンクリートの破壊性状
(広島大学、河合研至氏撮影)



(a) AARに起因する膨張と拘束により橋脚内部のコンクリートに生じている応力状態

(b) AARによって橋脚表層部に生じているひび割れ (A-A断面)

図-2 急速な弾性歪の解放に伴う水平方向のひび割れの発生

図-1 アルカリ骨材を生じた橋脚内部のコンクリートの応力状態とひび割れの発生状況

3. 弾性圧縮歪の解放とひび割れの発生

図-2のようなひび割れが発生するのは、セメント系材料のような弾塑性の性質に差がある各種の構成要素の混合体から成る材料で造られた柱状体に、側面が拘束された状態で或る限度を越えた一軸圧縮荷重が加わった後、これが急速に除かれた場合である。図-3は、それぞれ圧縮歪に占める弾性歪の割合が卓越している要素(1)と圧縮歪に占める塑性歪の割合が卓越する要素(2)から構成される材料が急速に除荷された場合における応力-歪み関係をモデル的に示し、さらに、これらの要素の除荷に伴う圧縮歪の減少の経時変化を示したものである。この図と図-4から、要素(2)には急速な除荷に伴い要素(1)の弾性回復によって引張応力を生じることになる。図-5は図-1(b)におけるBの部分、即ち、橋脚の表層部分がひび割れによって分割された柱状になっているとした場合、圧縮荷重が除去されると、上記の機構によって水平方向のひび割れが発生するためコンクリートはサイコロ状に分割されることを示したものである。

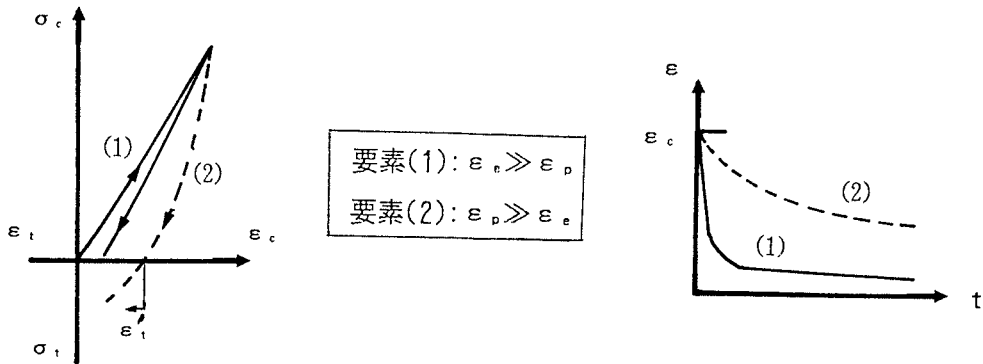


図-3 弾塑性の性質の異なる要素における急速な圧縮力の除去に伴う応力-歪関係と圧縮歪の減少の経時変化

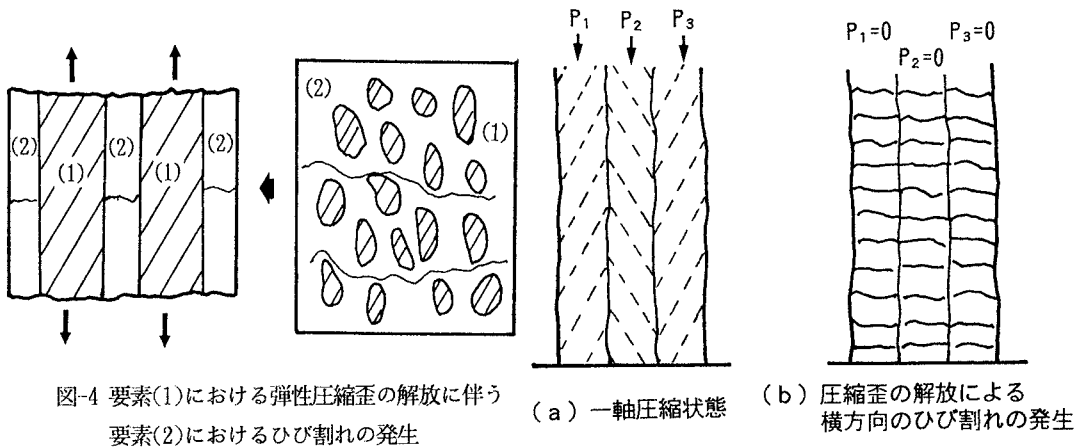


図-4 要素(1)における弾性圧縮歪の解放に伴う要素(2)におけるひび割れの発生

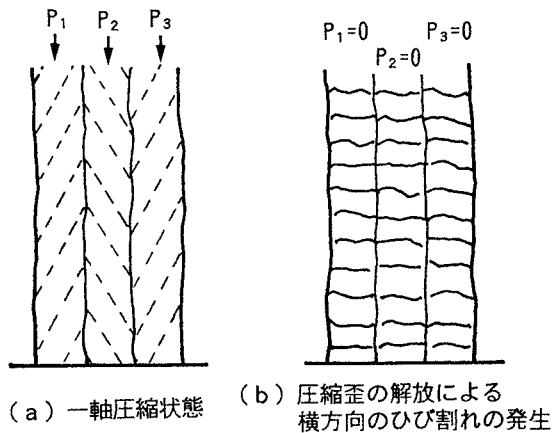


図-5 図-1(b)のB部分におけるひび割れの発生機構

3. まとめ

アルカリ骨材反応が進行しているコンクリート橋脚が上下動を伴う地震の作用を受けた場合には、全断面にわたって水平方向に多数の層状ひび割れを生じる可能性があり、また鉄筋内側の表層部分のコンクリートは既に鉛直方向のひび割れが発生しているためサイコロ状に分割破壊されることを示した。このような機構によるコンクリートの破壊は、橋脚としての耐震性を著しく弱めることになる。