

佐藤工業(株) 正員 ○小林大輔
 神戸大学工学部 フェロー 高田至郎
 神戸大学大学院 学生員 Freddy R. Duran Cardenas

神戸大学工学部 正員 森川英典
 神戸大学工学部 正員 小林秀恵

1. はじめに：既存 RC 橋脚に対してコンクリートの材料特性の現況を評価するため、代表的な非破壊試験法である超音波法を用いてコンクリート強度を推定した。また、非破壊試験から推定された離散的なコンクリート強度データを有限フーリエ変換により連続的な分布として評価し、さらに、等価なブロック分布に置換したモデルを用いて強度分布がせん断耐荷性能に及ぼす影響を2次元有限要素解析により評価した。

2. 既存 RC 橋脚のコンクリート強度分布推定：対象構造物として、橋齢 30 年、5 径間単純合成桁橋の 4 基の RC-T 型橋脚（橋軸直角方向せん断スパン比 1.8）のうち第 2、第 3 橋脚に対して非破壊試験を行った。試験は、超音波法により非破壊試験を行い、コア採取によりコンクリート強度、中性化深さおよび単位体積重量の測定を行った。またコンクリート強度推定にあたり、実橋に対する試験結果¹⁾ から得られた超音波伝播速度とコンクリート強度の関係と本試験結果とをあわせて用いることにした。図-2 に超音波伝播速度とコンクリート強度の関係を、式(1)にコンクリート強度推定式を示す。

$$f'_c = 0.38 \exp(1.08 \times v) \quad (R^2 = 0.90) \quad (1)$$

ただし、 f'_c ：コンクリート圧縮強度(N/mm²)、 v ：超音波伝播速度(km/s)

橋脚には施工時の打継が存在しこの部位に配慮して試験を行った。図-

3 に式(1)より推定したコンクリート強度のコンター図を示す。打継部を挟んでその影響がよく現れており、施工時におけるコンクリートの配合に差が生じていることが考えられる。また第 2 橋脚では打継部を挟んで橋脚下部において強度が小さく、逆に第 3 橋脚では橋脚下部において強度が大きい値を示している。つまり、橋脚によっては強度分布が大きく異なることがわかる。

次に、非破壊試験から得られた離散的なコンクリート強度データを有限フーリエ変換により連続的なコンクリート強度分布として表したものを図-4 に示す。ここで、橋脚全体で強度分布を評価するためデータの得られなかった位置に仮想データとして打継部を考慮した平均強度を用いた。

3. コンクリート強度分布のせん断耐荷性能に及ぼす影響の評価：橋脚で得られたコンクリート強度分布を等価なブロック分布に置換し、2次元有限要素梁モデルに導入することで、コンクリート強度分布のせん断耐荷性能に及ぼす

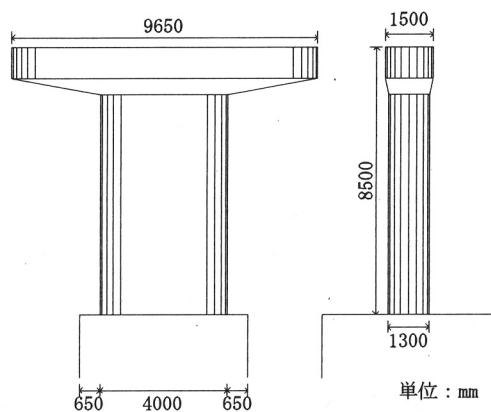


図-1 橋脚概要図

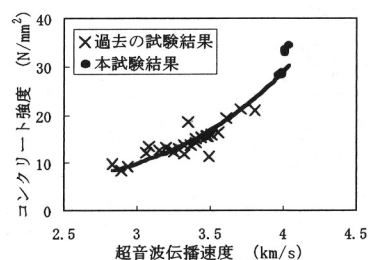
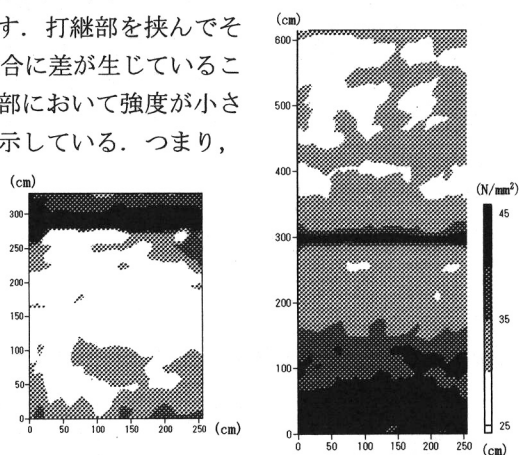


図-2 超音波伝播速度とコンクリート強度



(a) 第2橋脚

(b) 第3橋脚

図-3 コンクリート強度のコンター図

Daisuke KOBAYASHI, Hidenori MORIKAWA, Shiro TAKADA, Hidee KOBAYASHI, Freddy R. Duran Cardenas

影響を評価した。強度分布をブロック化したものを図-5 に示す。ここで、橋軸方向位置は橋脚下部からの高さ方向の位置を示す。

ブロック化した強度分布を梁に導入するにあたって橋脚下部を梁中央部に、橋脚上部を梁支持部としてモデル化した。モデル図を図-6 に、解析モデルを図-7 に示す。また比較のため、強度分布を平均値、最小値、最大値のそれぞれで一定とした解析も併せて行った。

4. 解析結果の考察：既存 RC 橋脚におけるコンクリート強度分布がせん断耐力におよぼす影響を評価するため、解析結果とコンクリート標準示方書算定値との比較を行った。また、対象となる橋脚の橋軸直角方向におけるせん断スパン比が 1.8 であることから、せん断スパン比の違いについても比較した。表-1 にコンクリート強度の推定値を、表-2 にせん断耐力の比較を示す。まず、せん断スパン比の影響については、解析結果からせん断スパン比 2.5 よりせん断スパン比 1.8 の方が 1.35 倍程度せん断耐力の増加がみられた。また、解析結果より両橋脚共に平均値でのせん断耐力は等しいが、分布を考慮した場合 10%ほど差が生じており、分布のせん断耐力におよぼす影響は無視できないと言える。橋脚下部で強度が小さく上部で強度が大きい場合、せん断耐力は低下し、強度が逆の分布の場合、せん断耐力は増加している。つまり耐力は橋脚下部における強度の影響を強く受ける。次にコンクリート標準示方書算定値と比較すると、せん断スパン比 1.8 の解析結果では全て示方書算定値を上回り安全側の結果となった。またせん断スパン比 2.5 で第 2 橋脚の分布を考慮した場合、示方書算定値は平均値でほぼ同程度、最小値で若干安全側の評価となる。しかし第 3 橋脚の分布では示方書算定値で最大値を用いた場合でもかなり安全側の評価となっており、種々の分布パターンを有する実橋において正確な評価を行うためには、分布の影響を考慮する必要があるといえる。

5. まとめ：非破壊試験により既存 RC 橋脚のコンクリート強度分布を推定した結果、橋脚により強度分布が大きく異なることが明らかとなった。また 2 次元有限要素解析を行った結果、強度分布の違いにより示方書式による耐力推定精度が異なり、強度分布の影響を考慮する必要性が明らかとなった。

参考文献 1) 森川英典ら：統計解析に基づく既存コンクリート橋の安全性および寿命評価、土

木学会論文集, No.502/V-25, pp.53-62, 1994.11.

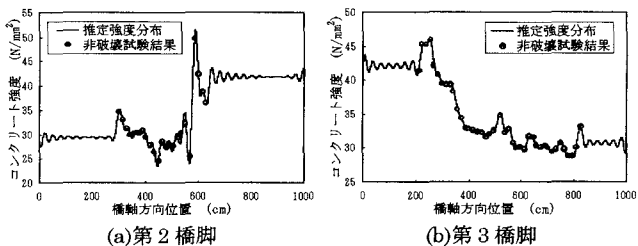


図-4 推定強度分布

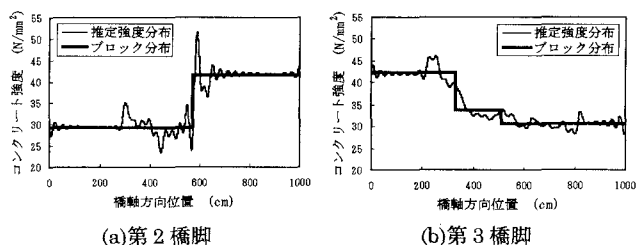


図-5 ブロック分布

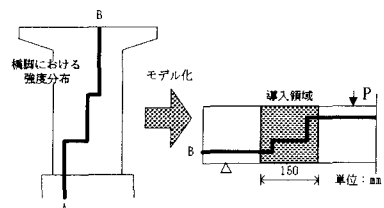


図-6 強度分布の導入

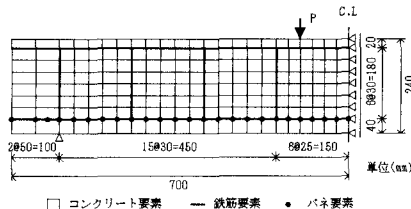


図-7 解析モデル

表-1 コンクリート強度の推定値

橋脚	平均値	最小値	最大値
	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
第2橋脚	34.5	23.3	51.9
第3橋脚	35.0	28.2	45.9

表-2 解析結果との比較 ※ () は部材係数を考慮した場合の算定値

橋脚	解析結果								コンクリート標準示方書算定値		
	せん断スパン比1.8				せん断スパン比2.5						
	分布考慮	平均値	最小値	最大値	分布考慮	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
第2橋脚	101	106	98	119	72	78	73	84	70(54)	66(50)	76(58)
第3橋脚	110	107	104	112	81	80	76	84	70(54)	68(52)	74(57)