

超音波音速測定法によるコンクリートの評価と応用事例

前 田 春 雄

1. はじめに

建築中の建物等で、コンクリート打設時にジャンカ、打継ぎ不良等が柱・梁・壁に生じた場合、品質を確保するため、程度によって補修を考える必要がある。

不具合範囲の検査方法は、目視・打診調査とコンクリート強度の確認を行う程度で、コンクリート表面・表層の問題を把握するが、コンクリート内部の品質については疑問が残る。そこでコンクリート内部の探査を行い不具合範囲が明瞭になれば補修の検討に役立つと思われる。

内部の状況は打診や表面状態の観察から推察するとともにコンクリート強度を確認して補修される。異常と考えられる箇所を斫り取り健全部で止めるという方法である。こういった方法では、斫る範囲が不明確で労力と時間が掛かり構造体にも良くない。あらかじめコンクリートの内部状況や斫る範囲を把握する方法として、超音波による方法のうち透過法による音速測定を採用して実施した。以下は調査工事の一つとして筆者らが実施したものである。

2. コンクリートの内部探査

コンクリート内部の探査方法には X 線撮影法、レーダー探査法、超音波探査法等の非破壊法とコンクリート・コア強度試験等が考えられる。この内、コンクリート強度との関係が認められる超音波音速測定法²⁾とコンクリート・コア強度試験が検査方法に適している。超音波がコンクリート内部を透過する際、空洞（ジャンカ）や剥離部（打継ぎ不良）等により、超音波の音速が低下する。この性質を利用して音速の変化から内部の状態を把握して、補修工事に役立つ資料とした。

3. 事 例 1

3.1 調査方法

(1) 測定部材

ジャンカ、打継ぎ不良等の不具合が現れた階の梁全般について目視調査を実施した。外観上健全な梁と不具合の見られる梁について、それぞれ3部材合計6部材を選定した。選定した梁を表-1に示す。

(2) コア採取

各梁についてφ80mmのコアを各1体採取して、圧

縮強度試験を実施した。

(3) 音速測定

梁部材全体の音速を測定した。音速測定は梁断面を透過する方法（図-1）とした。梁部材全体の音速測定は、梁両側面に200mmピッチでメッシュをけがき、交点で音速の透過測定を行った（写真-1）。コア強度と音速を比較するため、コア採取位置で音速を測定した（50mmピッチ）。測定数は20測点とした。

表-1 選定した梁

部材	幅 (mm)	成 (mm)	長さ (mm)	
健全梁	梁 A	350	700	5 650
	梁 B	600	1 200	10 000
	梁 C	500	1 200	5 650
不具合梁	梁 D	580	1 200	5 650
	梁 E	580	1 200	5 650
	梁 F	350	700	5 650



写真-1 音速測定状況

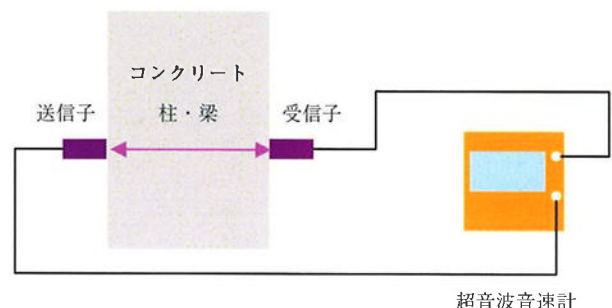


図-1 音速測定方法

3.2 調査結果

不具合のある梁 D の状況を図-2 に示した。

選定した梁 6 部材でコアの圧縮強度試験を実施した。試験結果を表-2 に示す。

(1) コア採取位置の音速

健全梁と不具合梁のコア採取位置で、音速測定を実施した。音速とコア強度結果を表-3、表-4 に示す。健全梁の平均値は 3 980 m/s、不具合梁の平均値 3 704 m/s で、音速に 276 m/s の差が認められる。部位での最小値、最大値ともに不具合部が下回っており両者に音速の差異が明瞭に認められる。健全部と不具合部の音速をヒストグラム図-3、図-4 に示す。

表-2 コンクリート・コア試験結果

梁		圧縮強度 (N/mm ²)	標準偏差 (N/mm ²)	平均値 (N/mm ²)
健全梁	梁 A	31.2	0.7	30.2
	梁 B	29.4		
	梁 C	30.0		
不具合梁	梁 D	20.3	3.1	24.4
	梁 E	27.6		
	梁 F	25.4		

設計基準強度：24.0 N/mm²

表-3 健全梁コア位置での音速測定結果

部材	音速 (m/s)				標本数	コア圧縮強度 (N/mm ²)
	平均値	標準偏差	最小値	最大値		
梁 A	4 025	67	3 867	4 167	20	31.2
梁 B	3 981	71	3 859	4 082	20	29.4
梁 C	3 934	48	3 876	4 016	20	30.0
平均	3 980	62	-	-	-	30.2

表-4 不具合梁コア位置での音速測定結果

部材	音速 (m/s)				標本数	コア圧縮強度 (N/mm ²)
	平均値	標準偏差	最小値	最大値		
梁 D	3 624	111	3 404	3 836	20	20.3
梁 E	3 729	63	3 664	3 867	20	27.6
梁 F	3 761	68	3 676	3 906	20	25.2
平均	3 704	81	-	-	-	24.4

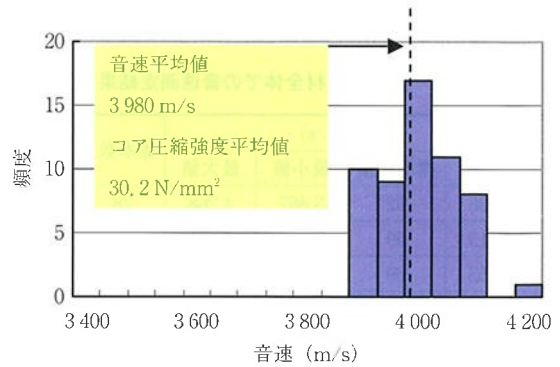


図-3 健全梁コア位置の音速頻度

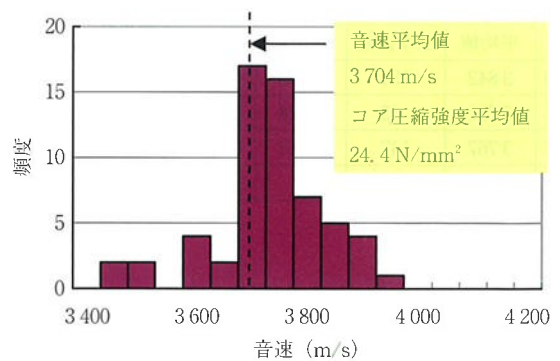


図-4 不具合梁コア位置の音速頻度

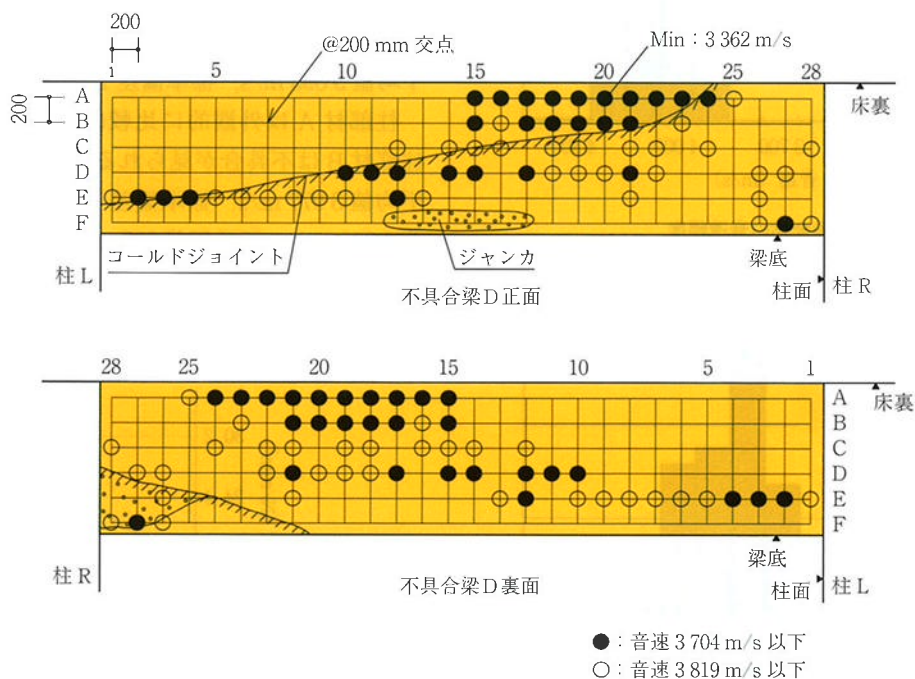


図-2 不具合梁 D の状況図

(2) 梁部材全体の音速

健全梁と不具合梁で図-2に示したように、部材全体で音速を測定した。その結果を表-5、表-6に示す。健全梁の平均値は4001 m/s、不具合梁の平均値3780 m/sで、音速に平均221 m/sの差が認められる。部材での最小値、最大値ともに不具合部が下回っており両者に音速の差異が明瞭に認められる。健全部と不具合部の音速をヒストグラム図-5、図-6に示す。

表-5 健全梁部材全体での音速測定結果

部材	音速 (m/s)				標本数	音速平均値 (m/s)
	平均値	標準偏差	最小値	最大値		
梁 A	4 038	92	3 867	4 268	78	4 001
梁 B	4 013	69	3 859	4 301	235	
梁 C	3 953	69	3 817	4 098	128	
平均	4 001	77	-	-	-	-

表-6 不具合梁部材全体での音速測定結果

部材	音速 (m/s)				標本数	音速平均値 (m/s)
	平均値	標準偏差	最小値	最大値		
梁 D	3 842	134	3 362	4 028	168	3 780
梁 E	3 731	63	3 324	3 893	139	
梁 F	3 767	147	3 153	4 070	87	
平均	3 780	115	-	-	-	-

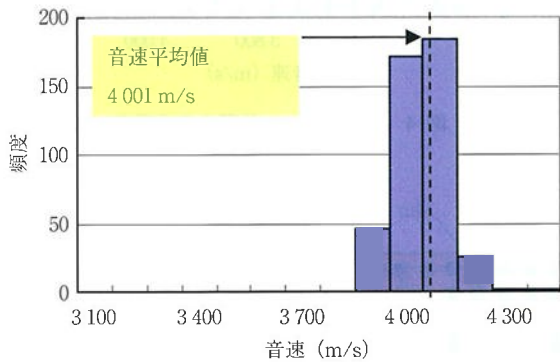


図-5 健全梁全体の音速頻度

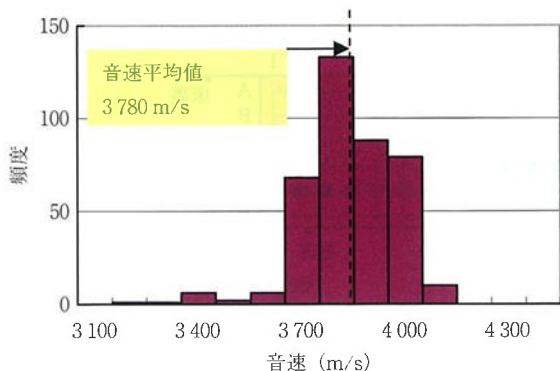


図-6 不具合梁全体の音速頻度

3.3 調査結果まとめ

表-3、表-4から音速とコア強度の関係をプロットして相関をとると図-7となる。回帰曲線から設計基準強度24 N/mm²を満足する音速は3704 m/s以上であると考えられる。

ヒストグラムで健全梁と不具合梁を比較すると、不具合梁は健全梁の音速分布よりも音速の低い方に分布しており、音速が3704 m/s以下に不具合があるものと推定される。また、不具合梁の音速標準偏差の平均値を計算すると115 m/sを得る。前述の不具合があると推定される音速値3704 m/sにバラツキを考慮して115 m/sを加算すると3819 m/sが得られる。

音速測定を実施した不具合のある梁について不具合があると判断される音速値3704 m/s以下とバラツキを考慮した3819 m/s以下を図-2にプロットした。

目視や打診を行い、コア強度と超音波音速を測ることにより、ジャンカや打継ぎなどの不具合部を推定した。

結果、音速値で不具合と推定された位置と、目視で打継ぎ不良と判断された範囲とが良く一致するとともに不具合の範囲が明瞭になった。また、外観でジャンカが見られた範囲でも音速値に問題がないことや、音速値に問題のある位置でも外観上不具合が確認されないことも明らかとなった。

4. 事例 2

柱部材全体で目視・打診を行い、音速測定によりコンクリート内部の不具合部を推定した。

4.1 調査方法

(1) 目視・打診 (2) 音速測定 (3) 音速分析

4.2 調査結果

調査結果を表-7に示す。音速頻度分布を図-8~図-10に示す。柱・全数は調査した柱15本すべての音速から平均値3895 m/s、標準偏差170 m/sを算出した。

柱部材Aは外観的に比較的健全と見られるもので、柱部材Bは不具合が見られるものとした。柱部材Aは平均値3977 m/s、標準偏差117 m/s、柱部材Bは平均値3820 m/s、標準偏差103 m/sであった。柱部材AとBについて音速が標準偏差170 m/sを下回る3725 m/s以下のものについて図-11の目視図に不具合としてプ

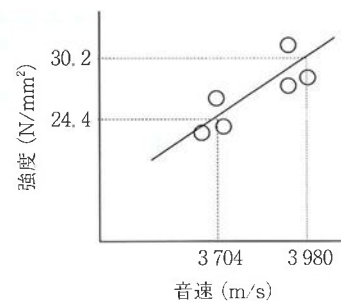


図-7 音速と強度の関係

表-7 柱の音速調査結果

部材	測定結果			不具合 平均値 - 標準偏差 (m/s)	重大な欠陥 平均値 - 500 (m/s)	備考
	平均値 (m/s)	標準偏差 (m/s)	標本数 (測定数)			
柱・全数	3895	170	1145 (柱15本)	3725	3395	柱すべての データの
柱部材・A	3977	117	42	3860	3477	比較的 健全
柱部材・B	3820	103	42	3717	3320	不具合 有り

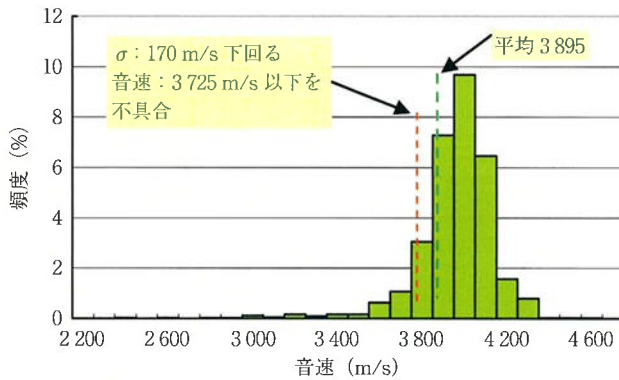


図-8 柱・全数の音速分布図

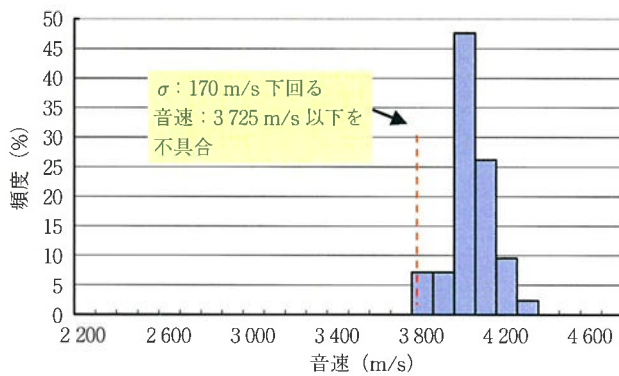


図-9 柱部材・Aの音速分布図

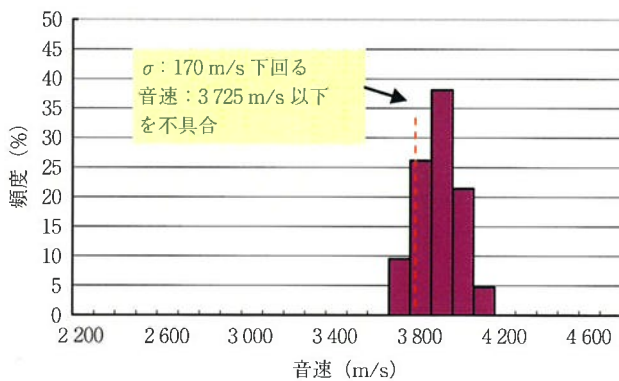


図-10 柱部材・Bの音速分布図

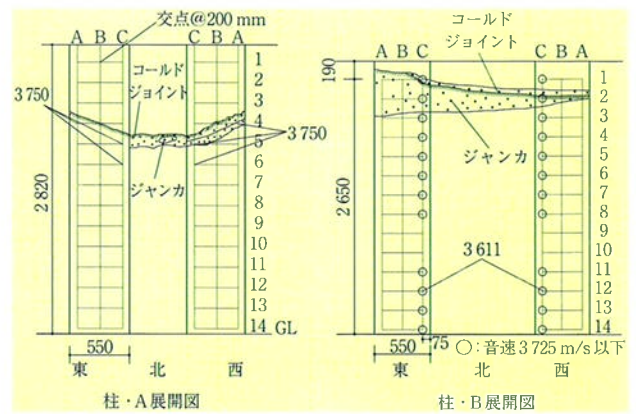


図-11 柱の目視・プロット図

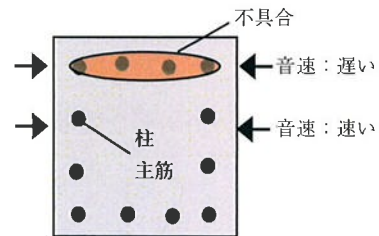


図-12 柱の不具合部推定図

ロット (○印) した。柱部材 A ではジャンカ・打継ぎが見られるものの音速による不具合は検出されなかった。

4.3 まとめ

柱部材 B では不具合が検出された。これは他の柱に浮きが見られることから主筋近傍に不具合があるものと推定された (図-12)。

参考文献

- 1) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2003 (第12版), p.352, 2003. 2
- 2) 日本建築学会: コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル, p.28, 1989. 4



まえだ・はるお/㈱構造総研 技術部長

前田 春雄