

北海道胆振東部地震波を用いた盛土前のウイングの応答解析

(株)砂子組 ○正会員 古川 大輔
(株)砂子組 正会員 近藤 里史
(株)砂子組 正会員 成田 憲昭
(株)砂子組 正会員 田尻 太郎
勇建設(株) 正会員 岡本 淳敏

1. はじめに

2018年9月6日3時8分に発生した北海道胆振東部地震(M6.7, 深さ37km)により, 北海道においても大規模な内陸型地震が発生しうることが明らかとなった. 大規模な内陸型地震動では, 高周波成分のパワーが卓越するケースも考えられ, 構造系の一部の部材が共振を起こし破損する恐れは否定できない.

本論文では一例として, ボックスウイング(盛土前)における北海道胆振東部地震時の挙動に注目し, 地震応答解析を行った. なお, 例としたボックス構造は建設予定であり, あくまでも試算での解析としている.

試算結果では, WINGが破損する可能性が示された. WINGの本来の役割は土留めであり, 全体構造系に対するWINGの位置づけや必要性も含め, 設計の再検討を視野に入れる事で, 今後の生産性向上にも繋がると考える.

2. 北海道胆振東部地震におけるサンプル波

例としたボックス構造は, 南幌町にあり, 現場に最も近い栗山と由仁における観測波と, 震央から最も近い穂別における観測点の地震波をサンプルとして比較した. 図-1に観測サイトの位置, 表-1にその震央距離等を示す.



図-1 観測サイト

表-1 サンプル波

Site	データ (NS方向)	震央距離 (km)	最大振幅 (gal)	卓越周波数 (Hz)
穂別	K-NET	13	599	2.0
栗山	KiK-NET	44	533	5.1
由仁	K-NET	39	560	8.3
南幌町		50		

サンプル波の原波形は, 国立研究開発法人 防災科学技術研究所の K-Net (全国強震観測網), および KiK-Net (基盤強震観測網) のデータベースからダウンロードしたものを使用する.

穂別, 栗山, 由仁の観測波として, 卓越周波数は順に 2.0, 5.1, 8.3 Hz 付近にある. 一方, 震央からの距離は 13, 44, 39 km, 最大振幅は 599, 533, 560 gal であり, 震央距離による減衰はあまり受けていない.

特徴的なのは, あくまでこの3例についてはあるが, 一般には減衰しやすいと思われる高周波成分が, 震央から遠いほど強調される傾向がみられる事である. 特に由仁の観測波は, 地震としては周波数の高い 8 Hz 付近にピークがある. 但し, 最大振幅はあまり変化していない事から, 実際に高周波で駆動される地震動もある事がわかる.

3. ボックスの本体構造および解析モデル

例としたボックスの本体構造を図-2に示す. なお, 図中の支持杭φ600は, 解析ではピン支持として扱った.

解析モデルは, 底版, 側壁, 頂版を梁要素とし, 作用力が地震動による慣性力であるため, 質量分布を現実に近づける目的で, 剛体要素にて連結する.

キーワード 北海道胆振東部地震, 応答解析, ボックス, ウィング

連絡先 〒060-0033 札幌市中央区北3条東8丁目-8-4 (株)砂子組 技術管理室, TEL 011-232-8231

4. 固有振動解析結果および入力地震動

固有振動解析は 10 次まで行ったが、基本固有モードとして WING がボックス長手方向に振動する 11 Hz の 4 モードが得られた。基本固有モードが WING 振動になるという事は、常時には十分であっても、地震時には WING 重量が WING 剛性に対して過大であると考えられる事もできる。

地震応答解析に用いる入力地震動は、ボックス構造の基本固有周期 11 Hz に最も近い周波数でピークを持つ、由仁サイトの観測波とした。解析にあたっては、応答挙動を明確化するため、6 Hz ローカットの波形を用いた。

5. 地震応答解析結果

入力波は、WING 振動の方向に合わせて、ボックス長手方向に加振している。図-3 に最大応答時の変位および曲げモーメント分布を示す。

最大応答時に地盤は長手方向に 18.5 mm 変位し、ボックスの最大変位はやはり WING 部にて生じ、片持ち梁に似た変形で最大 9.6 mm および 12.6 mm となった。最大変位にともなう曲げモーメントは、図-3 に示した WING 付け根の A-A 断面と B-B 断面でそれぞれ 1777 kNm, 2458 kNm となり、小さなものではなかった。WING の応答によるボックス本体への負担は、WING 接合部付近の頂版、側壁、底版で大きい事もわかる。

また、WING 厚を考慮した梁としての作用曲げ応力を算出すると、A-A 断面では $\sigma = 5.6 \text{ N/mm}^2$ 、B-B 断面では 7.7 N/mm^2 となり、コンクリート許容曲げ圧縮応力度の 97% に達する。これは全断面有効とした概略値だが、RC 断面計算を行った場合、コンクリート断面の半分程度は消失する事を考えると、クリティカルな状態にあると言える。

なお、時間積分法は $\beta = 1/4$ としたニューマーク β 法、減衰は 10 次モードまで 3% のモード減衰を考慮している。

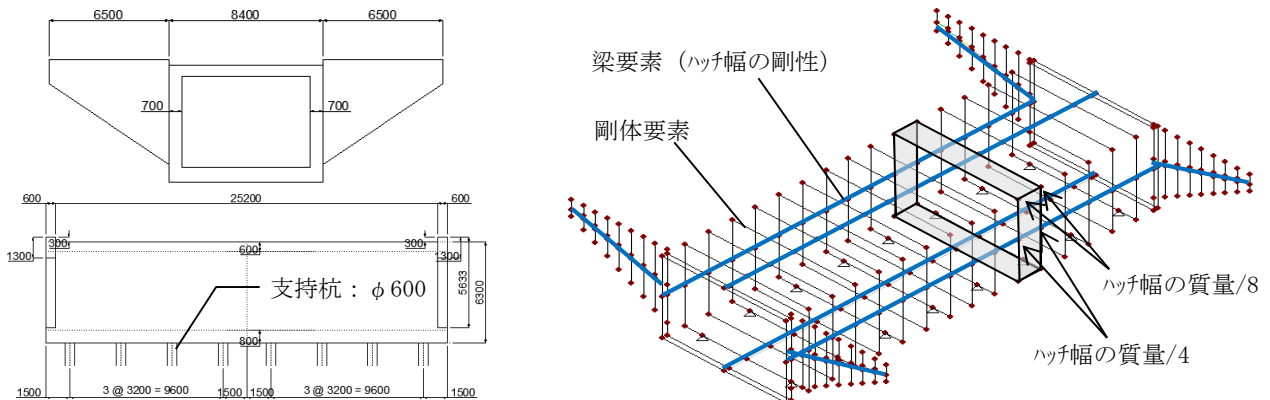


図-2 ボックスの本体構造および解析モデル

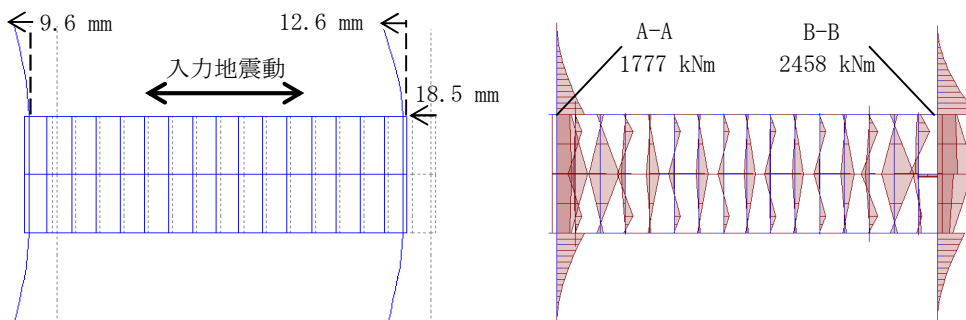


図-3 最大応答時の変位および曲げモーメント分布

6. まとめ

- (1) 大規模な内陸型地震動では、高周波成分のパワーが卓越するケースも考えられるので、構造系の一部の部材が共振を起こし破損する恐れは否定できない。
- (2) 今回例としたボックス構造の試算結果では、WING が破損する可能性が示された。
- (3) ボックスウィングの本来の役割は土留めであり、今回は盛土前の状態で試算したが、盛土後には盛土の慣性力も WING に作用し、より不利な状態になる事も考えられる。よって、全体構造系に対する WING の位置づけや必要性も含め、設計の再検討を視野に入れる事が望ましいと考える。